# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 10 MARS 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret en date du 1er mars 1924, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Maurice de Broglie** pour occuper, parmi les Académiciens libres, la place vacante par le décès de M. *Ch. de Freycinet*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Maurice de Broglie** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Eduardo Perroncito**, professeur de l'Université de Turin, qui assiste à la séance.

NAVIGATION ET MÉTÉOROLOGIE. — *Variations de la baisse barométrique et des vents de giration dans les cyclones et dans les typhons*. Note de M. **F.-E. Fournier**.

1. J'ai montré dans une Note précédente [1] que certaines particularités, bien connues, des cyclones et des typhons restent inexplicables, si l'on n'admet pas que les tourbillons, à dépression centrale, de ces météores sont entretenus par un tourbillon, de même nature, se formant, de la façon et dans le sens que j'ai indiqués, dans la couche dominante des *cirrus* d'où il leur

---

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 822.

transmet son entraînement giratoire, d'un niveau à l'autre, autour de son axe vertical jusqu'à la surface du globe.

2. Soient : $r_1$ et $r_0$ les rayons des contours extérieurs et intérieurs, circulaires et concentriques de ce tourbillon des cirrus; P la pression culminante régnant sur le contour limite, de rayon R, de l'aire des dépressions du cyclone, ou du typhon qu'il entretient sur le niveau de la mer; $p_1$, la pression barométrique sur le contour extérieur, de rayon $r_1$ de ce tourbillon inférieur où les vents de giration font *brusquement irruption*, à une vitesse déjà grande $G_1$, dès qu'elle y est transmise par l'entraînement direct du tourbillon supérieur; $p_0$ la pression barométrique sur le contour, de rayon $r_0$, du même tourbillon, où les vents de giration cessent, de même, *brusquement*, après y avoir atteint leur vitesse *maximum*, $G_0$, dès que l'entraînement du tourbillon des Cirrus ne l'entretient plus, *directement*, dans *le noyau d'accalmie relative*, *régnant au cœur de tous les cyclones et les typhons indistinctement*, et au centre duquel la pression barométrique est réduite à son *minimum absolu*, $p_m$; enfin, représentons par $l$, la *latitude du lieu*.

3. Dans cette portion des cyclones et des typhons comprise entre les rayons $r_1$ et $r_0$, la *seule où la vitesse giratoire de l'air soit entretenue*, *directement*, au-dessus, par l'entraînement qui lui vient du tourbillon dominant des cirrus, la baisse barométrique, $P - p$, varie avec les valeurs intermédiaires de $r$, suivant la relation

$$\frac{P-p}{P-p_1} = \left(\frac{r_1}{r}\right) \sin 2l. \tag{1}$$

Mais, au dehors de ce tourbillon, le même rapport varie avec les valeurs de $r$ augmentant, de $r_1$ à sa limite extérieure $R > r_1$, où règne la pression culminante uniforme $P > p_1$, suivant la relation

$$\frac{P-p}{P-p_1} = \frac{R-r}{R-r_1} \cdot \sin 2l. \tag{2}$$

Enfin : en dedans du contour, de rayon $r_0$, du noyau d'accalmie relative la pression barométrique diminue, le long de chacun de ses rayons, de $p_0$ jusqu'à son *minimum* absolu, $p_m$, à son centre, où $r = 0$, suivant la relation

$$\frac{p-p_m}{p_0-p_m} = \left(\frac{r}{r_0}\right) \cdot \sin 2l, \tag{3}$$

ces deux relations dépendant de l'amortissement, extérieur, d'une part, et, intérieur, d'autre part, des vitesses giratoires $G_1$ et $G_0$.

4. En considérant alors l'équation du mouvement circulaire, de rayon $r$, et, de vitesse G, de la masse spécifique $\mu$ de l'air, sous la pression $p$,

$$\frac{dp}{dr} = \frac{\mu G^2}{r}, \tag{4}$$

et l'expression de $\frac{dp}{dr}$, que l'on obtient en dérivant la relation (1)

$$\frac{dp}{dr} = \frac{r_1(P - p_1)}{r^2} \cdot \sin 2l \tag{5}$$

on en déduit l'expression

$$\mu G_2 = (P - p_1)\left(\frac{r_1}{r}\right) \cdot \sin 2l \tag{6}$$

définissant le mouvement giratoire de l'air sur la base des cyclones et des typhons.

5. Mais, ces quatre équations, *inédites*, doivent être applicables, telles quelles, *à valeurs égales de r*, sur tout autre niveau plus élevé, d'altitude $z$, par exemple, si les cyclones et les typhons ont, pour cause, et, pour origine, un tourbillon à dépression centrale des cirrus. Or, la forme de ces équations (1), (2), (3), (6) se prête, en effet, à la confirmation de cette hypothèse, par le fait que les différences des pressions barométriques,

$$P - p, \quad P - p_1, \quad p_0 - p_m, \quad p - p_m,$$

y figurant, ainsi que les valeurs de $\frac{dp}{dr}$, dans les relations (4) et (5), doivent conserver à toute altitude, $z$, les *mêmes valeurs que sur le niveau des mers*, puisque ces pressions ne diffèrent entre elles, deux à deux, à valeurs égales de $r$, que d'une *même constante*, $\varpi_z$, qui est le poids de la colonne atmosphérique, de hauteur, $z$, séparant les deux niveaux auxquels elles se rapportent.

6. Il faut remarquer, de plus, que la vitesse de translation V des cyclones et des typhons ne serait autre, dans ces conditions, que celle dirigée vers l'Est et plus ou moins inclinée, vers le Nord, ou vers le Sud, de l'axe vertical du tourbillon dominant des cirrus qui les entretient, à sa base, sur le niveau terrestre.

7. Quant au terme, $\sin 2l$, en facteur commun dans les quatre équations, (1), (2), (3), (6), son intervention y est motivée par cette particularité des cyclones et des typhons : d'être d'autant plus fréquents et d'entretenir des baisses barométriques, d'autant plus grandes, et des vents de giration, d'autant plus violents, que la *latitude*, $l$, *du lieu* est *plus voisine de sa valeur moyenne* $l = 45°$, où $\sin 2l$ atteindrait son *maximum* 1; tandis

qu'ils sont, au contraire, d'autant plus rares et qu'ils entretiennent des baisses barométriques, d'autant plus petites, et des vents de giration, d'autant plus faibles, que la *latitude du lieu* est plus voisine de 0°, ou de 90°, où sin $2l$ serait donc nul, dans l'un et l'autre cas.

Ces dernières particularités, comme les précédentes, resteraient d'ailleurs inexplicables, si l'on n'admettait pas que les cyclones et les typhons ont leur cause et leur origine dans les tourbillons à dépression centrale des cirrus.

RAYONS X. — *Sur le changement de longueur d'onde par diffusion dans le cas des rayons K du tungstène.* Note de M. **M. de Broglie.**

Je me suis proposé de vérifier par voie photographique le changement de longueur d'onde par diffusion que M. Compton a déjà signalé dans le cas des rayons du molybdène diffusés par un radiateur de graphite ; j'ai employé les rayons K du tungstène émis par un tube Coolidge en les faisant agir sur un radiateur secondaire constitué par une préparation plane divisée en deux parties, l'une constituée par du tungstène métallique en poudre et l'autre par du carbone. Le tungstène du radiateur, excité par les rayons du tube, dont une partie a la longueur d'onde suffisante, émet par fluorescence le spectre K de ce métal, et le carbone diffuse ces mêmes rayons K du tungstène venant de l'anticathode du tube excitateur. Sur la plaque photographique du spectrographe on devra donc enregistrer simultanément, et dans des conditions tout à fait comparables, les rayons considérés provenant les uns de la fluorescence et les autres de la diffusion. Les premiers n'étant pas déplacés pourront servir de base pour mesurer le déplacement des seconds. L'angle de diffusion était d'environ 135°.

La plaque a montré deux raies bien écartées et correspondant en première approximation à l'ordre de grandeur prévu par la théorie de Compton et Debye ; la méthode décrite ci-dessus a été choisie pour éviter toute ambiguïté dans la comparaison de deux lignes dont l'une serait émise directement par le foyer fin d'une anticathode et l'autre par la source large fournie par le radiateur secondaire.

M. **Émile Picard**, en présentant, au nom du Bureau des Longitudes, la troisième édition considérablement augmentée d'un volume intitulé *Réception des signaux horaires*, s'exprime comme il suit :

« L'objet principal de cet ouvrage est de donner des renseignements détaillés sur l'utilisation des signaux hertziens pour la distribution de l'heure, la détermination des différences de longitudes, la diffusion des renseignements météorologiques, sismologiques, etc.

On trouvera dans un premier chapitre préliminaire quelques indications sur les montages des divers récepteurs et sur les amplificateurs. »

M. Ch. **Moureu** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un petit livre, de la collection *Le Florilège contemporain*, sur Marcelin Berthelot, où se trouvent reproduites les pages les plus célèbres de celui qui, pendant près d'un demi-siècle, illustra notre Compagnie.

**Marcelin Berthelot** fut un de ces hommes exceptionnels qui honorent tous les pays et tous les temps. Son œuvre est immense. Elle révèle un des cerveaux les plus puissants et les mieux équilibrés qui furent jamais, un génie philosophique et encyclopédique, et qui savait, au besoin, examiner les choses d'aussi près que d'ordinaire, il les voyait de haut et de loin. Parmi les grands savants du siècle dernier, il est peut-être le seul dont l'esprit universel pouvait embrasser l'ensemble des connaissances humaines. On lui doit, dans les branches les plus diverses du savoir, des découvertes primordiales, assises inébranlables sur lesquelles ses successeurs posent tous les jours des pierres nouvelles.

A travers la complexité de cette œuvre prodigieuse et l'infinie variété des sujets envisagés, on devine aisément la persistance d'une idée profonde. Chez Berthelot le philosophe a, dès la vingtième année, inspiré et dirigé le chimiste. Ses longues conversations avec Renan, où il agitait les éternels problèmes qui tourmentent l'esprit humain, lui avaient fait apparaître comme une certitude l'unité des forces de la Nature. De cette idée est née la Synthèse chimique.

Jusqu'en 1853, date des premiers travaux de Berthelot, les exemples de synthèse organique étaient si rares [1] que la plupart des esprits, à la suite de Berzelius et de Gerhardt, étaient portés à admettre qu'il existe une différence essentielle entre la Chimie minérale et la Chimie organique, et à regarder comme chimérique tout espoir d'édifier les substances organiques

---

[1] Wœhler avait réalisé celle de l'urée en 1828; dans la suite Kolbe avait de même obtenu artificiellement l'acide acétique et Wurtz quelques ammoniaques composées.

à partir des corps simples dont elles sont formées. Berthelot ruina ce préjugé de la *force vitale* et bouleversa la Science en préparant à l'aide des seules forces naturelles, chaleur et électricité, les composés fondamentaux qui servent à obtenir les autres; il créa, comme la vie, par synthèse.

La combinaison de l'inerte carbone avec le plus léger des gaz, l'hydrogène, regardée comme impossible, fut réalisée dans l'arc électrique. Il créa l'acétylène, point de départ de l'innombrable série des carbures d'hydrogène. Les alcools, les acides, les corps gras furent ensuite reproduits. Bien plus, suivant ses expressions mêmes, « la synthèse chimique tire chaque jour du néant, pour le plus grand bien de l'Humanité, une multitude de corps nouveaux, semblables ou supérieurs aux produits naturels » : parfums délicats, couleurs d'aniline, dont l'éclat l'emporte sur celui des couleurs minérales ou végétales; composés thérapeutiques, gloire de la Pharmacopée moderne, succédanés ou remplaçants des vieux remèdes extraits des plantes. L'énorme développement industriel de l'Allemagne est dû en grande partie à la révolution que les méthodes de synthèse de Berthelot introduisirent dans la Science.

La seconde grande conception scientifique à laquelle le nom de Berthelot restera attaché est la Thermochimie. Après avoir montré l'identité des forces qui agissent dans la Nature minérale et chez les êtres vivants, il consacra plus de quarante années à mesurer les forces chimiques par les quantités de chaleur dégagées dans les réactions, et il évalua ainsi les énergies chimiques au moyen des mêmes unités que les énergies physiques et mécaniques. Par une généralisation aussi simple que saisissante, il montra que la loi de l'équilibre chimique est analogue à celle de l'équilibre mécanique.

Ces recherches, entre autres conséquences, firent de l'étude jusque-là empirique des matières explosives une science rigoureuse. Elles eurent pour couronnement la découverte des poudres sans fumée par un des élèves favoris de Berthelot, notre éminent confrère M. Vieille.

Dans les vingt dernières années de sa vie, Berthelot se préoccupa de mettre la Science au service de l'Agriculture, cette « antique mère nourricière du genre humain ». Il étudia dans son laboratoire de Meudon, avec le succès que l'on connaît, l'action des agents naturels, et particulièrement de l'électricité, sur la végétation. « La terre — dit-il, rendant sa pensée par une phrase bien expressive — est quelque chose de vivant. »

Je ne puis ici que rappeler d'un mot les études de Berthelot sur l'histoire de la Chimie et sur la Philosophie sociale, où il a témoigné d'une si vaste érudition et d'un remarquable talent d'écrivain.

C'est l'essentiel de tous ces travaux qui se trouve résumé, par l'auteur lui-même, dans le volume que je suis chargé d'offrir à l'Académie pour sa bibliothèque. En le lisant, on ne peut qu'admirer, avec Fouqué [1], interprète du sentiment universel, « la puissance de travail, l'esprit d'invention, la logique des idées, l'amplitude de la mémoire, l'habileté expérimentale, l'aptitude à passer d'une série de recherches à une autre série sans lien apparent avec la précédente », toutes qualités éminentes qui, réunies chez un seul homme, assurent à Marcelin Berthelot une « personnalité sans rivale ».

M. **Henri Lecomte** fait hommage à l'Académie du fascicule 3, tome troisième, de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous sa direction : *Rubiacées* (suite), par J. Pitard.

## ÉLECTIONS

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Académicien libre, en remplacement de M. *A. de Gramont*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 70,

| | | |
|---|---|---|
| M. Alexandre Desgrez obtient | . . . . . . | 40 suffrages |
| M. Paul Séjourné » | . . . . . | 29 » |
| M. Charles Achard » | . . . . . . | 1 suffrage |

M. **Alexandre Desgrez**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Cinq fascicules de la *Revue bretonne de Botanique pure et appliquée*, dirigée par M. Lucien Daniel. (Présenté par M. P. Dangeard.)

---

[1] Allocution prononcée à la cérémonie du jubilé de Berthelot (1901).

2° *Mémoire sur le pendule et le balancier considérés comme régulateurs des instruments à mesurer le temps*, par J. WAGNER neveu, suivi d'un *Mémoire sur les échappements simples usités en horlogerie*. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

3° *Durées physiques indépendantes des dimensions satiales*, par M. MICHEL PETROVITCH.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Des équations* $s+f(x, y, z, p, q, r)=0$ *qui sont de la première classe*. Note de M. **R. GOSSE**, présentée par M. E. Goursat.

Toutes les équations [1] de cette forme, qui ne sont pas linéaires en $q$, peuvent se ramener, par des transformations de contact, aux deux types suivants :

$$\text{(I)} \qquad s+Q(q)\rho(x, y, p, r)=0 \quad \text{où} \quad Q\frac{dQ}{dq}=aQ+1,$$

$$\text{(II)} \qquad s+Q(q)\rho(x, z, p, r)=0 \quad \text{où} \quad Q\frac{dQ}{dq}=aQ+q,$$

$a$ étant une constante qu'on peut prendre égale à zéro ou un.

PREMIER GROUPE. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une équation* (I) *soit une équation* (E) *est que* $\rho$ *soit une solution commune aux deux équations*

$$\left(\frac{d}{dx}\frac{\partial\mathcal{L}\rho}{\partial y}\right)+\rho\left(\frac{d}{dx}\frac{\partial\rho}{\partial r}\right)=\rho\frac{\partial\rho}{\partial p}+a\frac{\partial\rho}{\partial y},$$

$$\int\left(\frac{\partial\rho}{\partial r}\right)^2 dr=\rho\frac{\partial\rho}{\partial r}+\frac{\partial\mathcal{L}\rho}{\partial y}+\alpha(x, y, p).$$

1° Si $a$ est nul, les solutions qui ne dépendent ni de $x$ ni de $p$ doivent vérifier la seule relation

$$\frac{\partial^2\mathcal{L}\rho}{\partial r\,\partial y}+\rho\frac{\partial^2\rho}{\partial r^2}=0,$$

qui se ramène à l'équation de Liouville. On obtient ainsi une famille d'équations (E)

$$(1) \qquad s+\frac{(r-\theta)\sqrt{2q\varphi'(\theta)}}{y-\varphi(\theta)}=0,$$

où $\theta$ est une fonction de $r$ et de $y$ définie par la relation

$$\frac{1}{r-\theta}=\frac{1}{2}\frac{\varphi''(\theta)}{\varphi'(\theta)}+\frac{\varphi'(\theta)}{y-\varphi(\theta)},$$

---

[1] Voir *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 542.

$\varphi$ étant une fonction arbitraire de $\theta$. En posant $Z = \sqrt{2q}$, on est conduit à une équation de Monge-Ampère qu'une transformation de contact ramène *à une équation linéaire intégrable par la méthode de Laplace.*

2° Si l'on cherche les fonctions $\rho$ qui ne dépendent pas de $p$, elles conduisent à des équations qui peuvent toutes se déduire simplement de l'équation

$$(2) \qquad s = \sqrt{2q}\,\mathrm{sh}\,\varphi,$$

où $\varphi$ est une fonction de $r$ et de $y$ définie par la relation

$$r + y = \mathrm{ch}\,\varphi + \mathcal{L}\,\mathrm{th}\,\frac{\varphi}{2}.$$

On la ramène comme précédemment à une équation linéaire intégrable par la méthode de Laplace.

3° Enfin les équations (I) qui correspondent à des valeurs de $\rho$ qui ne contiennent pas $x$ se déduisent des équations (1) et (2) par la transformation d'Ampère.

Second groupe. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une équation* (II), *soit une équation* (E), *est que $\rho$ soit une solution commune aux deux équations*

$$\left(\frac{d}{dx}\,\frac{\partial \mathcal{L}\rho}{\partial z}\right) + \rho\left(\frac{d}{dx}\,\frac{\partial \rho}{\partial r}\right) = \rho\,\frac{\partial \rho}{\partial p} + a\,\frac{\partial \rho}{\partial z},$$

$$\int \left(\frac{\partial \rho}{\partial r}\right)^2 dr = \rho\,\frac{\partial \rho}{\partial r} + \frac{\partial \mathcal{L}\rho}{\partial z} + \alpha(x, z, p).$$

Si l'on assujettit $\rho$ à ne pas dépendre de $p$, $a$ doit être nul et l'on peut déduire toutes les équations (II) correspondantes de l'équation

$$s = \sqrt{q^2 + 1}\,\mathrm{sh}\,\varphi,$$

où $\varphi$ est une fonction de $r$ et de $z$ définie par la relation

$$r + z = \mathrm{ch}\,\varphi + \mathcal{L}\,\mathrm{th}\,\frac{\varphi}{2}.$$

Cette équation admet comme invariants, d'une part

$$y \quad \text{et} \quad \frac{t}{\sqrt{q^2+1}} - \sqrt{q^2+1}\,\mathrm{ch}\,\varphi,$$

et d'autre part

$$(r - \mathrm{ch}\,\varphi)^2 - p^2 \quad \text{et} \quad x - \mathcal{L}(r + p - \mathrm{ch}\,\varphi).$$

La transformée en $Z^2 = q^2 + 1$ est une équation de Monge-Ampère qui

admet deux invariants du premier ordre pour le système $(y)$ et pour l'autre système un invariant du second ordre et un du troisième.

L'ensemble des équations (E) se compose des équations déjà connues [1] de celles que j'ai énumérées dans la Note déjà citée et des équations des types (I) et (II); les autres se ramènent à celles-là par des transformations de contact.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions ayant un nombre fini de branches.* Note de M. **Th. Varopoulos**, présentée par M. Henri Lebesgue.

1. M. Saxer a établi dans sa Thèse (Zurich, 1923, Uber die Picardschen ausnahmewerte sukzessiver Derivierten) des propositions remarquables concernant les fonctions entières d'ordre quelconque, et en particulier :

*Soit $g(x)$ une fonction entière, et considérons ses deux premières dérivées $g'(x)$, $g''(x)$; s'il n'y a qu'un nombre fini de valeurs de $x$ qui annulent l'une des fonctions $g(x)$, $g'(x)$, $g''(x)$ sans annuler les autres, la fonction $g(x)$ a nécessairement la forme $g(x) = \mathrm{P}(x)e^{\mathrm{Q}(x)}$, $\mathrm{P}(x)$, $\mathrm{Q}(x)$ étant des polynomes.*

Pour établir cette proposition, M. Saxer s'appuie sur l'impossibilité d'une identité de la forme

$$p(x)\,e^{f_1(x)} + q(x)\,e^{f_2(x)} + r(x)f_1'(x) + s(x) = 0,$$

$p$, $q$, $r$, $s$ étant des polynomes et $f_1(x)$, $f_2(x)$ des fonctions entières, si l'on a à la fois

$$p(x) \not\equiv 0, \qquad f_1(x) \not\equiv \text{const.}$$

2. Guidé par les indications précises de M. Montel, j'ai pu obtenir la démonstration de la proposition fondamentale de M. Saxer en m'appuyant sur un cas très particulier de son identité, très facile à établir, en vertu d'une propriété des fonctions entières d'un caractère élémentaire.

I. *Considérons une fonction entière $g(x)$ de la forme $g(x) = a(x)e^{f(x)}$, $a(x)$ étant un polynome et $f$ une fonction entière, on ne peut pas avoir*

$$g'(x) = b(x) + \gamma(x)\,e^{f_1(x)},$$

---

[1] Voir Goursat, *Leçons sur l'intégration des équations du second ordre*, t. 2, p. 171 et suiv.

$b(x)$, $\gamma(x)$ *étant des polynomes et* $f_1(x)$ *une fonction entière, si le polynome* $b(x)$ *n'est pas identiquement nul.*

Si $b(x) = \text{const.} \neq 0$, la proposition prend la forme suivante :

*Si une fonction entière* $g(x)$ *admet une valeur exceptionnelle* (prise un nombre fini de fois), *la dérivée* $g'(x)$ *ne peut pas admettre une valeur exceptionnelle différente de zéro.*

II. *Considérons une fonction* $g(x) = R(x)e^f$, $R(x)$ *étant rationnel et* $f$ *une fonction entière, on ne peut pas avoir*

$$g'(x) = S(x) + P(x)e^{f_1},$$

$S(x)$, $P(x)$ *étant rationnels et* $f_1$ *une fonction entière, si* $S(x) \not\equiv 0$.

III. Une identité de la forme

$$p(x)e^{f(x)} + q(x)f'(x) + r(x) = 0,$$

$p(x)$, $q(x)$, $r(x)$ étant des polynomes $f(x)$, une fonction entière est impossible si nous avons à la fois

$$p(x) \not\equiv 0, \qquad f(x) \not\equiv \text{const.}$$

Posons

$$g(x) = q(x)e^{-f(x)},$$

alors

$$g'(x) = [q'(x) - q(x)f'(x)]e^{-f(x)} = p(x) + [r(x) + q'(x)]e^{-f(x)}.$$

Si $r(x) + q'(x) \neq 0$, comme $p(x) \neq 0$, en vertu de I, l'égalité est impossible.

Si $r(x) + q'(x) = 0$, on aura

$$P(x)e^{f(x)} = q(x),$$

$P(x)$ étant un polynome ; ce qui entraîne

$$f(x) = \text{const.}$$

IV. Voici maintenant comment on peut démontrer la proposition fondamentale de M. Saxer. Nous aurons

$$\frac{g'}{g} = \frac{a(x)}{b(x)}e^{f_1}, \tag{1}$$

$$\frac{g''}{g'} = \frac{\gamma(x)}{a(x)}e^{f_2}, \tag{2}$$

$a(x)$, $b(x)$, $\gamma(x)$ étant des polynomes et $f_1$, $f_2$ des fonctions entières.

J'élimine $g$ entre (1), (2), en prenant les dérivées logarithmiques des

deux membres de (1), et j'obtiens

$$\frac{\gamma}{a} e^{f_2} - \frac{a}{b} e^{f_1} = \frac{a'}{a} - \frac{b'}{b} + f'_1.$$

Si $f_1 - f_2 =$ const., l'identité prend la forme précédente, et entraîne $f_1(x) =$ const. Si $f_1 - f_2 \neq$ const., on aura

$$1 - \frac{\gamma b}{a^2} e^{f_2 - f_1} = \left(\frac{b}{a} e^{-f_1}\right)',$$

ce qui est absurde, en vertu de la proposition II. En intégrant donc (1), et tenant compte que $f_1 =$ const., nous obtenons, $P(x)$, $Q(x)$ étant des polynomes,

$$g(x) = P(x) e^{Q(x)}.$$

V. *Soient $g(x)$ une fonction entière et $g'(x)$ sa dérivée. S'il n'y a qu'un nombre fini de valeurs de $x$ qui annulent l'une des fonctions $g(x)$, $g'(x)$ sans annuler l'autre, le nombre de racines communes est fini.*

Ou encore : *Si le nombre des racines non communes à $g(x)$ et à $g'(x)$ est fini, le nombre des racines communes est aussi fini.*

3. Soit une fonction algébroïde $g(x)$, et supposons qu'il y ait un nombre $a$ tel que la fonction $g(x) - a$ n'admette qu'un nombre fini de zéros. Nous avons

$$g(x) - a = p(x) e^{q(x)},$$

$p(x)$ étant un polynome. Si la fonction $q(x)$, correspondant au nombre $a$, est algébroïde, le nombre $a$ est unique, $a$ est dite une valeur doublement exceptionnelle (1).

On peut établir les propositions suivantes :

VI. *Si une fonction algébroïde $g(x)$ admet une valeur doublement exceptionnelle, toutes les dérivées $g'(x)$, $g''(x)$, ... n'admettent que la valeur nulle comme valeur doublement exceptionnelle.*

VII. *Si une fonction algébroïde $g(x)$ et ses deux premières dérivées admettent une valeur doublement exceptionnelle* (que nous pouvons toujours supposer nulle) *nous aurons*, $P(x)$, $Q(x)$ *étant des polynomes*,

$$g(x) = P(x) e^{Q(x)}.$$

VIII. *Si une transcendante algébroïde à $\nu$ branches définie par une équa-*

(1) Voir G. Rémoundos, *Sur les fonctions ayant un nombre fini de branches* (*Journal de Mathématiques*, 6e série, t. 2, p. 87).

*tion de la forme* $u^{\nu} + A(x) = 0$, $A(x)$ *étant une fonction entière, admet une valeur exceptionnelle, sa dérivée admettra la valeur nulle comme valeur exceptionnelle.*

En général la dérivée d'une fonction $u(x)$ multiforme n'admet pas la valeur nulle comme valeur exceptionnelle. Par exemple, la fonction $u(x)$ définie par l'équation

$$2u^2 + (e^x - e^{-x})u + e^x + e^{-x} - 2 = 0$$

admet les valeurs $\pm 1$ comme valeurs exceptionnelles, sans que la dérivée $u'(x)$ admette la valeur nulle comme valeur exceptionnelle.

ÉLASTICITÉ. — *Détermination* a priori *des vibrations des aubes de turbines.* Note de M. **F.-H. van den Dungen**, présentée par M. Émile Borel.

1. Les aubes de turbines sont souvent le siège de vibrations gênantes, se produisant pendant la marche en régime; comme l'étude expérimentale de pareilles vibrations est presque uniquement réalisable lorsque la turbine ne tourne pas, il y a intérêt à déterminer ces vibrations *a priori*, pour chaque vitesse de rotation, en sorte de pouvoir établir les pièces de façon à écarter les vibrations dangereuses. La présente Note a pour but d'indiquer les principes d'une semblable détermination (numérique ou graphique), basée sur l'emploi des équations intégrales.

2. Les aubes peuvent être considérées comme des tiges élastiques minces; leur déformation est donnée par une équation intégrale où nous distinguerons trois termes: le premier dû à la force centrifuge, de paramètre $\omega^2$, la vitesse angulaire étant $\omega$; le deuxième correspondant aux vibrations propres, de paramètre $\alpha^2$, si les vibrations simples sont de période $2\pi\alpha^{-1}$; le troisième tenant compte des vibrations forcées: celles-ci ont pour causes certaines dissymétries inévitables, telles l'injection partielle et la tolérance de la construction; ces vibrations ont donc pour période $2\pi\omega^{-1}$, et si nous les décomposons en termes sinusoïdaux, il leur correspondra une suite de termes de paramètre $k^2\omega^2$, $k$ étant un entier quelconque.

La déformation totale de l'aube admet dès lors pour pôles les diverses valeurs de $\alpha$ et il y a résonance lorsque $k\omega$ est égal à $\alpha$. La recherche des vitesses critiques, c'est-à-dire des vitesses pour lesquelles les aubes résonnent peut donc s'effectuer en considérant l'équation homogène ne comprenant que les termes de la force centrifuge et des vibrations propres et en déterminant les relations caractéristiques en $\omega^2$ et $\alpha^2$ pour lesquelles cette équa-

tion admet une solution non nulle : si l'on remplace dans ces relations $\alpha$ par $k\omega$, on obtiendra des équations dont les racines sont les diverses vitesses critiques.

Il est également possible de remplacer *a priori* $\alpha$ par $k\omega$ dans l'équation intégrale de façon à n'avoir à traiter qu'une équation à un paramètre $\omega^2$ : dans ce cas, les calculs doivent être effectués séparément pour chaque valeur de $k$.

3. La déformation de l'aube dans un plan longitudinal principal est donnée par (¹)

$$y_x = \int_0^{e} \alpha_{xs} f_s \, ds + \int_0^{e} \beta_{xs} c_s \, ds + \Sigma \alpha_{xh} F_h + \Sigma \beta_{xh} C_h;$$

une équation analogue donne l'inclinaison $y'_n$. Les coefficients d'influence $\alpha$ et $\beta$, proportionnels à des fonctions de Green d'ordre 2 (à une dimension), se calculent en supposant l'aube encastrée à sa base et libre à son extrémité, si elle n'est pas frettée par un cercle de garde; dans le cas opposé, on la supposera articulée ou encastrée à son extrémité suivant la qualité de la rivure. S'il s'agit de longues aubes, consolidées en leur milieu ou en leur tiers par d'autres cercles, il faudra considérer ces aubes comme des pièces continues avec appuis intermédiaires, ou encore supposer, si la rivure est parfaite, que chaque tronçon peut vibrer isolément.

Nous n'étudions pas dans cette Note le cas où, le disque et les frettes vibrant eux-mêmes, l'aube doit être considérée comme placée sur des supports élastiques et non plus rigides.

4. Quant aux forces et couples, locaux et répartis, qui figurent dans la formule précédente, leur expression diffère suivant la position de l'aube. Les effets d'inertie dus aux vibrations sont ceux que nous avons donnés (²), les sollicitations réparties étant causées par l'aube elle-même et les sollicitations locales, par les frettes.

Dans une turbine *axiale*, la force centrifuge crée une traction longitudinale N, proportionnelle à $\omega^2$, croissant de l'extrémité à la base, dont résulte le couple réparti $Ny'_s$ (³). Dans une turbine *radiale*, les effets centrifuges sont analogues à ceux des vibrations (⁴).

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 244, formule (2).

(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 574.

(³) On peut donner à N une valeur approchée constante, calculée au tiers à partir de la base.

(⁴) Voir *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 244, la formule (3), $e$ et $\theta$ étant nuls.

5. Le calcul effectif des vitesses de résonance se fera grâce à l'équation déterminante ou par les approximations successives. Dans le premier cas, la première relation caractéristique sera donnée, avec une approximation croissante, par une des égalités

$$z = \omega^2 A_{01} + k^2\omega^2 A_{10} = \omega^4 A_{02} + 2k^4\omega^4 A_{11} + k^4\omega^4 A_{20} = \ldots,$$

où nous employons les traces simples et mixtes des noyaux respectifs des deux paramètres $\omega^2$ et $k^2\omega^2$. Dans le second cas, si $y_0$ est une déformation arbitraire qui, par *effet séparé* de la force centrifuge et des vibrations, crée les déformations $y_{01}$ et $y_{10}$, celles-ci créant à leur tour $y_{02}$ et $y_{11}$, $\bar{y}_{11}$ et $y_{20}$, on aura, de même,

$$y_0 = \omega^2 y_{01} + k^2\omega^2 y_{10} = \omega^4 y_{02} + k^2\omega^4(y_{11} + \bar{y}_{11}) + k^4\omega^4 y_{20} = \ldots.$$

Les relations caractéristiques supérieures se calculeront semblablement. Enfin, il pourra être fait usage d'une proposition de Lord Rayleigh [1].

ÉLASTICITÉ. — *Plaques minces élastiques, limitées par deux arcs de cercles concentriques et deux rayons sous l'action des forces concentrées.* Note de M. **Galerkin**, présentée par M. Mesnager.

Supposons que la plaque, bornée par deux rayons $\theta = -\alpha$ et $\theta = \alpha$ et par deux arcs ayant les rayons $a_0$ et $a$, soit partiellement chargée; limitons la partie chargée par deux arcs de rayons $a_0$ et $a_1$. Les parties de la plaque, où $a_0 < r < a_1$ et $a_1 < r < a$ sont libres de charge. Si nous désignons les forces sur l'unité de la surface de la partie $a_2 < r < a_1$, agissant perpendiculairement sur la plaque, par $p_{r\theta}$ et les déplacements de cette partie par $w$, l'équation différentielle de la surface moyenne en coordonnées cylindriques $(r, \theta, z)$ sera

$$(a)\qquad \frac{Eh^3}{12(1-\sigma^2)}\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}\right)\left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 w}{\partial\theta^2}\right) = p_{r\theta},$$

où $h$ est l'épaisseur constante de la plaque, E le module d'élasticité, $\sigma$ le coefficient de Poisson.

Dans la région $a_0 < r < a_1$, appelons $w_1$ les déplacements et, pour $a_2 < r < a$, $w_2$.

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 608. Cette proposition a été utilisée pour cette détermination par M. Stodola (*Dampf- und Gasturbinen*, 5e édition, p. 946).

*Plaques librement appuyées par les bords radiaux.* — Prenons les équations suivantes pour $w$, $w_1$ et $w_2$ :

$$(b)\quad w = r^m\Psi(\theta) + \sum_1^\infty \left(A_n r^{\frac{n\pi}{2\alpha}} + B_n r^{-\frac{n\pi}{2\alpha}} + C_n r^{\frac{n\pi+4\alpha}{2\alpha}} + D_n r^{-\frac{n\pi-4\alpha}{2\alpha}}\right)\sin\frac{n\pi(\alpha+\theta)}{2\alpha},$$

$$(c)\quad w_1 = \sum_1^\infty \left(A'_n r^{\frac{n\pi}{2\alpha}} + B'_n r^{-\frac{n\pi}{2\alpha}} + C'_n r^{\frac{n\pi+4\alpha}{2\alpha}} + D'_n r^{-\frac{n\pi-4\alpha}{2\alpha}}\right)\sin\frac{n\pi(\alpha+\theta)}{2\alpha},$$

$$(d)\quad w_2 = \sum_1^\infty \left(A''_n r^{\frac{n\pi}{2\alpha}} + B''_n r^{-\frac{n\pi}{2\alpha}} + C'_n r^{\frac{n\pi+4\alpha}{2\alpha}} + D''_n r^{-\frac{n\pi-4\alpha}{2\alpha}}\right)\sin\frac{n\pi(\alpha+\theta)}{2\alpha}.$$

Lorsque $r = a_1$

$$w_1 = w,\qquad \frac{\partial w_1}{\partial r} = \frac{\partial w}{\partial r},\qquad \frac{\partial^2 w_1}{\partial r^2} = \frac{\partial^2 w}{\partial r^2}\qquad \text{et}\qquad \frac{\partial^3 w_1}{\partial r^3} = \frac{\partial^3 w}{\partial r^3}.$$

Cela nous donne 4 équations. Si $\Psi(\theta)$ dans les limites de $-\alpha$ à $+\alpha$ se décompose en série trigonométrique

$$\Psi(\theta) = \sum_1^\infty E_n \sin\frac{n\pi(\alpha+\theta)}{2\alpha},\qquad \text{où}\qquad E_n = \frac{1}{\alpha}\int_{-\alpha}^{\alpha}\Psi(\theta)\sin\frac{n\pi(\alpha+\theta)}{2\alpha}\,d\theta;$$

les 4 équations ci-dessus se décomposent en une infinité de groupes de 4 équations. Dans le groupe $n^{\text{ième}}$ les inconnues seront $A'_n - A_n$, $B'_n - B_n$, $C'_n - C_n$ et $D'_n - D_n$ et nous pouvons les déterminer par ces équations. Nous déduirons $A''_n - A_n$, $B''_n - B_n$, ... des conditions du cercle de rayon $a_2$. Ayant ces valeurs, nous pouvons écrire les quantités $A'_n - A''_n$, $B'_n - B_n$, .... Si nous écrivons les deux conditions pour les bords $r = a_0$ et $r = a$, nous obtiendrons en somme 12 équations qui déterminent tous les coefficients ($A_n$, $A'_n$, $A''_n$, $B_n$, $B'_n$, ...).

Désignons $r^m\Psi(\theta)$ par $F(r, \theta)$.

Si la partie de la plaque dans les limites de $r = a_1$ à $a_2$ et $\theta = \alpha_1$ à $\alpha_2$ est chargée par un poids uniformément réparti

$$p = \frac{2P}{(\alpha_2 - \alpha_1)(a_2^2 - a_1^2)},$$

dans les limites $r = a_1$ à $a_2$ et $\theta = -\alpha$ à $\alpha$,

$$F(r, \theta) = r^4\Psi_1(\theta) = \frac{P(1-\sigma^2)r^4}{4(\alpha_2-\alpha_1)(a_2^2-a_1^2)Eh^3}\times$$
$$\times\left[\frac{\sin 2(2\alpha - \alpha_1 - \alpha_2)\sin 2(\alpha_2 - \alpha_1)}{\sin 8\alpha}\sin 4(\alpha+\theta) - \frac{4\sin(2\alpha - \alpha_1 - \alpha_2)\sin(\alpha_2 - \alpha_1)}{\sin 4\alpha}\sin 2(\alpha - \theta)\right].$$

Entre les limites $\theta = \alpha_1$ et $\alpha_2$

$$F(r, \theta) = r^4 \Psi(\theta) = \frac{P(1-\sigma^2) r^4}{8(\alpha_2 - \alpha_1)(a_2^2 - a_1^2) E h^3} \times$$

$$\times \left[ 3 - \frac{4 \cos(2\alpha + \alpha_1 - \alpha_2) \cos(\alpha_1 + \alpha_2)}{\cos 2\alpha} \cos 2\theta \right.$$

$$+ \frac{\cos 2(2\alpha + \alpha_1 - \alpha_2) \cos 2(\alpha_1 + \alpha_2)}{\cos 4\alpha} \cos 4\theta$$

$$- \frac{4 \sin(2\alpha + \alpha_1 - \alpha_2) \sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{\sin 2\alpha} \sin 2\theta$$

$$\left. + \frac{\sin 2(2\alpha + \alpha_1 - \alpha_2) \sin 2(\alpha_1 + \alpha_2)}{\sin 4\alpha} \sin 4\theta \right].$$

Entre les limites $\theta = \alpha_1$ et $\alpha$

$$F(r, \theta) = r^4 \Psi_2(\theta) = \frac{P(1-\sigma^2) r^4}{4(\alpha_2 - \alpha_1)(a_2^2 - a_1^2) E h^3} \times$$

$$\times \left[ \frac{\sin 2(2\alpha + \alpha_1 + \alpha_2) \sin 2(\alpha_2 - \alpha_1)}{\sin 8\alpha} \sin 4(\alpha - \theta) \right.$$

$$\left. - \frac{4 \sin(2\alpha + \alpha_1 + \alpha_2) \sin(\alpha_2 - \alpha_1)}{\sin 4\alpha} \sin 2(\alpha - \theta) \right],$$

$$E_n = \frac{1}{\alpha} \left[ \int_{-\alpha}^{\alpha_1} \Psi_1(\theta)\, d\theta + \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \Psi(\theta)\, d\theta + \int_{\alpha_2}^{\alpha} \Psi_2(\theta)\, d\theta \right]$$

$$= \frac{153 h P \alpha^4 (1-\sigma^2)}{E h^3 (\alpha_2 - \alpha_1)(a_2^2 - a_1^2)} \, \frac{\sin \dfrac{n\pi(2\alpha + \alpha_1 + \alpha_2)}{4\alpha} \sin \dfrac{n\pi(\alpha_2 - \alpha_1)}{4\alpha}}{n\pi(n\pi - 8\alpha)(n\pi - 4\alpha)(n\pi + 4\alpha)(n\pi + 8\alpha)}.$$

En posant $\alpha_2 = \alpha_1$ et $a_2 = a_1$, nous résoudrons le cas où la force P est concentrée au point $r = a_1$, $\theta = \alpha_1$.

Dans ce cas

$$A'_n - A''_n = \frac{6P(1-\sigma^2)\alpha^2 a_1^{-\frac{n\pi - 4\alpha}{2\alpha}} \sin \dfrac{n\pi(\alpha + \alpha_1)}{2\alpha}}{n\pi(n\pi - 2\alpha) E h^3},$$

$$B'_n - B''_n = \frac{6P(1-\sigma^2)\alpha^2 a_1^{\frac{n\pi + 4\alpha}{2\alpha}}}{n\pi(n\pi + 2\alpha) E h^3} \sin \frac{n\pi(\alpha + \alpha_1)}{2\alpha},$$

$$C'_n - C''_n = -\frac{6P(1-\sigma^2)\alpha^2 a_1^{-\frac{n\pi}{2\alpha}} \sin \dfrac{n\pi(\alpha + \alpha_1)}{2\alpha}}{n\pi(n\pi + 2\alpha) E h^3},$$

$$D'_n - D''_n = -\frac{6P(1-\sigma^2)\alpha^2 a_1^{\frac{n\pi}{2\alpha}} \sin \dfrac{n\pi(\alpha + \alpha_1)}{2\alpha}}{n\pi(n\pi - 2\alpha) E h^3}.$$

Il est facile de choisir la fonction F pour le cas où la charge uniformément répartie est concentrée sur l'extrémité du rayon.

Nous avons aussi la possibilité de passer à la charge concentrée en un point.

On peut résoudre les questions relatives à la plaque librement appuyée par les bords radiaux, sur des supports quelconques suivant les arcs de cercle et supportant une charge quelconque.

AVIATION. — *Sur la diminution apparente de la résistance d'une aile agitée dans un courant d'air, et son application à la théorie du vol des oiseaux.* Note de M. **Louis Kahn**, présentée par M. L. Lecornu.

Soit une aile rigide, symétrique par rapport au plan de figure et animée d'un mouvement parallèle à ce plan. Prenons deux axes de coordonnées rectangulaires liés à l'air immobile, $Ox$ horizontal et dirigé vers l'avant de l'aile, $Oy$ dirigé vers le haut. Nous appellerons mouvement absolu le mouvement par rapport à ces axes. Soient C (*fig.* 1) la courbe sinueuse décrite

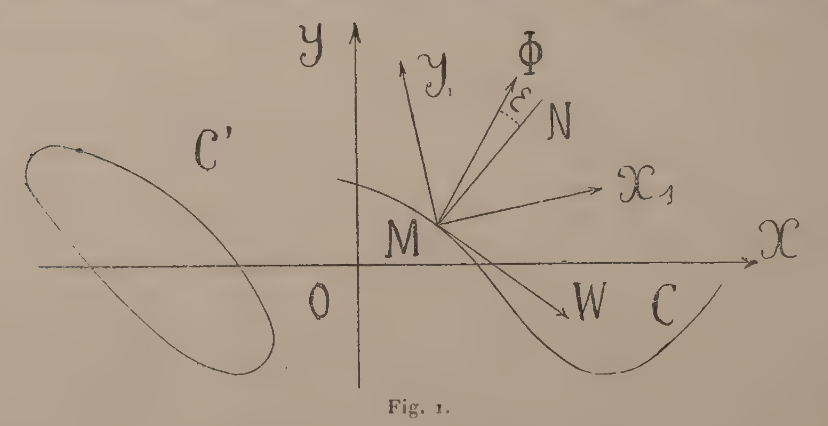



Fig. 1.

par un point du bord antérieur, $w$ sa vitesse à l'instant $t$, $\theta$ la durée d'un battement, L la longueur d'une période de C, H l'amplitude verticale des oscillations. Nous supposerons qu'après un battement l'aile se retrouve à la même hauteur avec la même vitesse. Le mouvement absolu résulte alors d'un mouvement d'entraînement, uniforme et horizontal de vitesse V, et d'un mouvement de battement, suivant une courbe fermée C'; nous appellerons celui-ci mouvement relatif.

Supposons que l'incidence de l'aile soit constante et corresponde à la meilleure finesse. Admettons que $w$ présente de faibles variations relatives et que les formules habituelles sont par suite applicables. Nous vérifierons plus loin que cette hypothèse s'applique même à l'oiseau en vol libre.

La réaction de l'air est alors $\Phi = K\Sigma w^2$; K et $\Sigma$ sont constants. $\Phi$ fait avec la normale à C un angle constant $\varepsilon$ vers l'arrière. Soient $T\theta$ et $S\theta$ l'impulsion de $\Phi$ suivant $Ox$ et $Oy$ pendant un battement. Dire que la résistance apparente est nulle, c'est dire que T est nul. Cherchons les conditions pour qu'il en soit ainsi. Pour la commodité du calcul, projetons d'abord $\Phi$ suivant deux axes $Mx_1$ et $My_1$ faisant avec $Ox$ et $Oy$ l'angle $\varepsilon$, et soient $Q\theta$ et $P\theta$ les impulsions correspondantes. Remarquons que $\Phi$ fait avec $Mx_1$ le même angle que la normale à C avec $Ox$

$$dQ = K\Sigma w^2 \cos(\Phi, Mx_1)\,dt = -K\Sigma w\,dy,$$
$$dP = K\Sigma w^2\,dx.$$

Intégrons pour un battement et posons

$$\alpha = \frac{1}{VL}\int w\,dx, \qquad \beta = \frac{1}{VL}\int - w\,dy, \qquad F = K\Sigma V^2.$$

Les coefficients $\alpha$ et $\beta$ s'appliquent à toutes les trajectoires semblables et

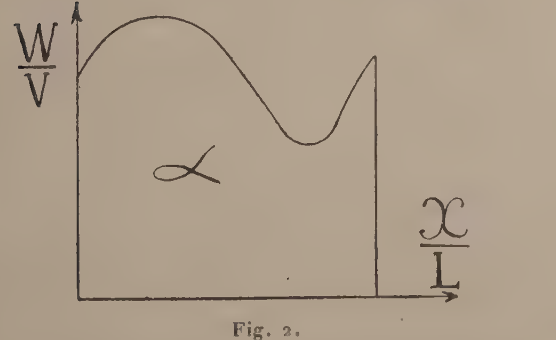


Fig. 2.

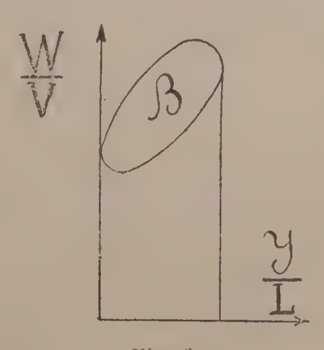


Fig. 3.

semblablement décrites. Ils mesurent les aires représentées sur les figures 2 et 3. On trouve alors

$$P = F\alpha, \qquad S = F(\alpha\cos\varepsilon + \beta\sin\varepsilon),$$
$$Q = F\beta, \qquad T = F(-\alpha\sin\varepsilon + \beta\cos\varepsilon).$$

Pour que la résistance disparaisse il faut que $\beta > \alpha \tan \varepsilon$. Si $\beta$ dépasse cette valeur, il y aura même propulsion. Or l'examen de la figure 3 montre que, pour cela, $w$ doit prendre pendant la descente des valeurs plus fortes que pendant la montée. Sinon T est $< 0$.

Pour que la sustentation garde une valeur suffisante, il faut, d'après la forme de $\alpha$, que le parcours horizontal correspondant à la position basse et

à la remontée de l'aile soit aussi court que possible; ainsi la durée de la remontée doit être plus courte que celle de la descente. Il en résulte que dans le mouvement relatif, la vitesse doit être dirigée vers l'avant et le bas à la descente, vers le haut et l'arrière à la montée. La projection verticale de la vitesse doit être plus grande à la montée qu'à la descente. Si l'on suppose en outre que l'aile soutient et propulse à la vitesse V un corps rigide, on doit pour éviter les basculements du corps faire passer la force au voisinage du centre de gravité. Cela conduit à porter la partie descendante de C′ vers l'avant, la partie montante vers l'arrière.

*Ces conclusions sont rigoureusement d'accord avec les résultats expérimentaux de Marey* (¹).

Calculons maintenant la puissance consommée pour que le battement donne une résistance apparente nulle à une aile isolée. Si l'on pose

$$\gamma = \frac{1}{V^3\theta}\int_0^\theta w^3\,dt,$$

on trouve pour la puissance $K\Sigma V^3\gamma \sin\varepsilon$. Or si l'aile était rigide et immobile il faudrait dépenser $K\Sigma V^3 \sin\varepsilon$. On voit donc que le rendement du battement est l'inverse de $\gamma$. Il est toujours plus petit que l'unité, car les conditions précédentes entraînent $\gamma > 1$.

*Application numérique au vol de l'oiseau.* — Prenons comme courbe C′ la courbe relevée par Marey (²) comme trajectoire d'un point de l'aile par rapport au corps. Choisissons V pour que la variation d'inclinaison soit de 90°, nombre indiqué par Marey. L'hypothèse initiale est vérifiée : le rapport de $w$ à V reste en effet compris pendant les 9/10 du battement, entre 1,2 et 1,7. Pendant le reste du temps il tombe à 0,4 (au point bas pendant la rotation de 90°). L'influence de cette partie du vol est donc faible. On trouve $\alpha = 1,1$; $\beta = 0,1$. Le rendement est 0,75.

*Conclusions.* — Nous avons montré (³) que la puissance dont disposent les êtres vivants (relevée directement) et celle qu'il faudrait donner à des engins mécaniques de même forme et de même vitesse sont du même ordre. Les calculs précédents confirment le fait et montrent que l'aile battante n'a pas un rendement supérieur à celui des propulseurs mécaniques.

---

(¹) Marey, *Le vol des oiseaux*, chez Masson, 1890.

(²) *Loc. cit.*, p. 112, fig. 57.

(³) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 350.

AVIATION. — *Sur les conditions que doit remplir un planeur pour utiliser au mieux les pulsations du vent favorables au vol à voile.* Note de M. **Louis Breguet**, présentée par M. Charles Richet.

Dans une Note précédente [1] nous avons étudié l'effet des pulsations *verticales* du vent sur les ailes d'un planeur, en supposant les incidences du vent relatif sur les ailes données par $i = \frac{B}{2\beta}\theta$.

Dans une deuxième Note [2] nous avons étudié l'effet, sur un planeur en M aplati à 140°, de pulsations *horizontales* du vent reçues latéralement en supposant $i = \theta$.

La présente Note a pour but d'analyser ces effets dans le cas général où $i = K\theta + i_0$, et de rechercher les meilleures valeurs à donner à K et à $i_0$ pour que les effets des pulsations soient les plus favorables au vol à voile.

En introduisant dans les calculs antérieurement donnés cette valeur de $i$, on trouve, dans le cas de pulsations verticales, que le carré de leur intensité pour permettre le voile est

$$(1) \qquad v_M^2 = \frac{2g \tang \varphi_0}{BK - \beta K^2}\left[\frac{2P}{Sa} + \frac{gB^2K^2}{\omega^2(A + Bi_0)}\right].$$

Il apparaît de cette condition que les meilleures valeurs à donner au coefficient K ponr un planeur déterminé se tirent de l'équation du deuxième degré

$$(2) \qquad \frac{2\beta K^2}{B - 2\beta K} = \frac{4\beta(A + Bi_0)}{agB^3}\frac{P}{S}\omega^2.$$

On voit immédiatement que, pour les grandes valeurs de $\omega$, on retrouve la valeur $K = \frac{B}{2\beta}$, K décroissant en tendant vers zéro quand $\omega$ tend lui-même vers zéro.

Il y a lieu de noter que, pour les grandes fréquences, les ailes de l'oiseau sont dans l'impossibilité d'osciller en vue de satisfaire à la condition $K = \frac{B}{2\beta}$ qui est toute théorique.

En pratique, pour des périodes comprises entre 0,5 et 2 secondes, on

---

[1] Voir *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 623.
[2] Voir *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 755.

trouve que K est très voisin de l'unité pour les charges au mètre carré de l'ordre de celles des oiseaux.

En prenant $K = 1$ (cas de l'aile immobile), un planeur genre oiseau peut indistinctement profiter des pulsations verticales de toutes fréquences et l'on vérifie que les effets de ces pulsations diverses s'ajoutent purement et simplement.

De l'équation (1), il apparaît ainsi, si l'on néglige le deuxième terme de la parenthèse qui, pour les faibles périodes, est faible par rapport au premier, que l'intensité $v_M$ est minimum, en même temps que $\tang \varphi_0$ et que, par suite, la meilleure valeur à donner à $i_0$ correspond à l'incidence de la finesse du planeur. C'est cette valeur que nous adopterons pour nos calculs car elle donne pour $v_M$, même pour des périodes de 1 à 2 secondes, des valeurs très peu différentes de ses valeurs minima.

Dans ces conditions, si nous appliquons nos calculs à un planeur pour lequel $c_{z_0} = 0,5$, $B = 5$, $\tang \varphi_0 = 0,045$, $\beta = 1,3$, on obtient le tableau suivant :

| | $\frac{P}{S}$. | T (sec.) = | 0,5. | 0,75. | 1. | 2. | 6. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | kg | | | | | | |
| Albatros..... | 10 | $v_M =$ | 2,15 | 2,37 | 2,62 | 4 | 10,65 |
| Pétrelle....... | 5 | $v_M =$ | 1,65 | 1,93 | 2,20 | 3,74 | 10,55 |
| Mouette ..... | 2,5 | $v_M =$ | 1,31 | 1,62 | 1,99 | 3,61 | 10,45 |

On ne connaît pas encore bien, pour les différentes fréquences des pulsations verticales du vent, leurs intensités. Il apparaît des premières constatations de M. Idrac et de celles faites sur le plateau de Saint-Cyr que, pour des vents d'une quinzaine de mètres à la seconde, des intensités de 1 m : sec pour des périodes de l'ordre de 6 secondes seraient des maxima. En ce qui concerne les périodes plus courtes, de 0,5 à 1 seconde, les intensités ne dépasseraient pas $0^m,30$ par seconde. Ces chiffres paraissent pessimistes et nous pensons qu'avec les appareils à fil chaud de MM. Huguenard, Magnan et Planiol, des meilleures valeurs peuvent être mesurées.

Pour un planeur faiblement chargé au mètre carré, l'intensité des pulsations de faibles périodes serait donc, d'après M. Idrac, cinq fois plus faible que celle que réclameraient nos calculs et dix à onze fois plus faible pour des périodes de l'ordre de 6 secondes. Toutefois, si l'on remarque que les effets des pulsations de périodes différentes existant simultanément dans le vent s'ajoutent sur une aile, il est possible que l'addition des effets de l'harmonique fondamental et des effets de plusieurs harmoniques secondaires de courtes périodes communique aux ailes des oiseaux une énergie appré-

ciable, pouvant peut-être atteindre une fraction notable de celle nécessaire au vol à voile, à condition toutefois que la profondeur des ailes soit suffisamment petite devant la longueur de l'onde aérienne utilisée.

Dans le cas de l'utilisation des pulsations horizontales reçues latéralement par des ailes en M aplati, d'angle $\gamma$ sur l'horizon, on trouve, pour $K = 1$,

$$(3) \qquad v_M^2 = \frac{2g \operatorname{tang}\varphi_0}{(B-\beta)\cos\gamma\sin^2\gamma}\left[\frac{2P}{Sa} + \frac{g(c_{x_0}+B\sin^2\gamma)^2}{\omega^2(A+Bi_0)\cos\gamma}\right].$$

Il apparaît, là aussi, qu'en donnant à $i_0$ la valeur qui correspond au minimum de $\operatorname{tang}\varphi_0$ on obtient sensiblement les plus petites valeurs de $v_M$.

Une dérivation montre que la valeur la plus favorable à donner à $\gamma$ est tirée de la formule suivante :

$$(4) \qquad \frac{\sin^4\gamma}{\cos\gamma(2-3\sin\gamma)} = \frac{P\omega^2(A+Bi_0)}{Sga(B^2+2c_{x_0}B)}.$$

On voit que $\gamma$ est pratiquement proportionnel à la racine carrée de la fréquence et à la racine quatrième de $\frac{P}{S}$.

En appliquant ces résultats au planeur précédemment considéré, nous avons établi le tableau suivant, en prenant $\gamma = 44°$ pour les faibles périodes et $\gamma = 20°30'$ pour les périodes de l'ordre de 6 secondes :

| | $\frac{P}{S}$. | T (sec.) = | 0,75. | 1. | 6. | 8. | 12. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Albatros ... | 10 kg | $v_M =$ | 3,45 | 3,74 | 7,06 | 7,90 | 8,84 |
| Pétrelle .... | 5 | $v_M =$ | 2,65 | 2,9 | 5,75 | 6,75 | 7,82 |
| Mouette .... | 2,5 | $v_M =$ | 2,10 | 2,37 | 4,96 | 6,08 | 7,28 |

Ce tableau montre que les intensités réclamées sont de l'ordre de celles que certains auteurs ont prétendu relever dans les vents violents; à elles seules, elles permettraient donc le vol à voile. Pour des vents moins forts et, de ce fait, de pulsations moins intenses, les oiseaux, en totalisant les effets de la série des divers harmoniques des pulsations, tant verticales qu'horizontales du vent, paraissent bien devoir trouver ainsi l'énergie nécessaire au vol à voile dynamique si souvent observé.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations de l'éclipse de Lune du 20 février 1924 faites à l'Observatoire de Strasbourg.* Note (1) de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. B. Baillaud.

L'éclipse totale de Lune du 20 février 1924, partiellement visible en France, a pu être observée dans des conditions extrêmement favorables à l'Observatoire de Strasbourg.

La Lune s'est levée en partie éclipsée dans un ciel calme et très pur. Le phénomène a été suivi et observé aux divers instruments par MM. Danjon, Rougier, Esclangon.

La conclusion principale à tirer des observations est que l'éclipse du 20 février doit être rangée dans la catégorie des *éclipses sombres*, avec *absence de coloration* dans la partie éclipsée. Un écran vert Wratten transparent surtout pour la région du spectre $500^{m\mu}$-$550^{m\mu}$ ne modifiait en aucune manière la visibilité des détails de la surface lunaire située dans l'ombre.

Le bord de l'ombre sur le disque présente une netteté inaccoutumée. A $17^h 52^m$, il atteint la mer des Crises visible dans la partie éclipsée, ainsi que plusieurs taches sombres voisines du limbe (Condorcet, Firmincus, Apollonius).

A $17^h 55^m 30^s$, la mer des Crises est entièrement dégagée. Le dernier contact de l'ombre avec le disque lunaire est noté à $17^h 58^m 0^s$ par M. Esclangon, à $17^h 58^m 12^s$ par M. Rougier.

Des observations photométriques précises de la région éclipsée, en fonction de la distance au centre de l'ombre, ont été faites par M. Danjon et seront ultérieurement publiées.

En résumé, l'éclipse du 20 février présente un assombrissement très fortement marqué par rapport à celle du 16 octobre 1921 qui avait été également étudiée au point de vue photométrique à l'Observatoire de Strasbourg.

L'étude photométrique des éclipses de Lune présente un grand intérêt car elle fournit des renseignements sur les caractères optiques de l'atmosphère terrestre, surtout sur leurs *variations*, lesquelles sont importantes bien que mal connues, en relation avec des causes (solaires, électriques ou autres) elles-mêmes mal définies.

Un faisceau d'observations de nature différente, éclipse de Lune, phéno-

(1) Séance du 3 mars 1924.

mènes crépusculaires et même propagation à grande distance des ondes de T. S. F. semble indiquer pour l'année actuelle et la précédente, au point de vue optique et sans doute électrique, un état particulier de l'atmosphère.

Les phénomènes crépusculaires notamment paraissent, depuis le milieu de l'année 1923, se présenter dans des conditions différentes de celles des années antérieures.

Des études sur le crépuscule que j'avais faites de 1902 à 1908 m'avaient conduit à admettre des discontinuités optiques à des hauteurs différentes dans l'atmosphère (¹) : la première, la plus stable à une altitude variant entre 10 et $16^{km}$, la deuxième instable à 30 ou $40^{km}$, enfin la troisième à $130^{km}$. Les observations faites en août 1923 par MM. Bauer et Danjon au mont Blanc, par moi-même en septembre dans les Alpes, ont montré un affaiblissement important et sans doute momentané de ces discontinuités à haute altitude. Il y a là un ensemble de faits qui doivent être probablement rapprochés dans une cause commune et paraissent mériter une étude approfondie.

RADIATIONS. — *Sur les rayons β secondaires produits dans un gaz par des rayons X.* Note de M. **Pierre Auger**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Dans une précédente Note (²) j'ai indiqué le principe des mesures dont il est question ici : un faisceau étroit de rayons X traverse la chambre de détente d'un appareil Wilson ; les électrons arrachés aux atomes du gaz, formant les rayons β secondaires, laissent une trace visible de leur passage. Leur trajectoire peut être photographiée simultanément dans deux directions rectangulaires, ce qui permet de reconstituer leur forme exacte ; en particulier on peut mesurer l'angle θ que font entre elles la direction de propagation des rayons X incidents, et la direction de départ des électrons.

2. Les opérations dont je donne ici le résultat ont été réalisées dans les conditions suivantes : 1° Le gaz enfermé dans la chambre à détente était de l'hydrogène, contenant la vapeur d'eau saturante nécessaire. On peut donc admettre que les électrons proviennent ici en majeure partie des

(¹) E. Esclangon, *Sur les illuminations crépusculaires* (*Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 408).

(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 169.

atomes d'oxygène; 2° les rayons X étaient fournis par une ampoule Coolidge fonctionnant sous la tension constante de 45000 volts, et traversaient une petite épaisseur d'aluminium pour absorber le rayonnement mou.

3. Les 163 rayons étudiés étaient assez rectilignes pour que les angles $\theta$ soient mesurables à quelques degrés près. Ils se répartissent comme l'indique le tableau suivant, qui les groupe de 10° en 10°, suivant la valeur de $\theta$ :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\theta$ .................... | 180° | 170° | 160° | 150° | 140° | 130° | 120° |
| Nombre de rayons ..... | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 5 | 3 |
| $\theta$ .................... | 110° | 100° | 90° | 80° | 70° | 60° | 50° |
| Nombre de rayons ..... | 11 | 22 | 27 | 32 | 19 | 18 | 12 |
| $\theta$ .................... | 40° | 30° | 20° | 10° | 0° | | |
| Nombre de rayons ..... | 4 | 5 | 1 | 0 | 0 | | |

Si l'on veut tenir compte des angles solides dans lesquels ces rayons sont émis, il faut diviser ces nombres par les valeurs correspondantes de $\sin\theta$; cela affaiblit le maximum, mais ne le déplace pas sensiblement.

4. Trois conclusions semblent pouvoir se déduire de ce résultat :

1° Les rayons émis en avant (dans la direction de propagation des rayons X incidents) sont en plus grand nombre que ceux qui retournent en arrière (sensiblement le double)([2]); 2° Plus de 85 pour 100 des électrons sont émis sous des angles $\theta$ compris dans l'intervalle de 45° à 115°; 3° La direction d'émission la plus favorisée fait un angle $\theta$ d'environ 80° (à quelques degrés près) avec le faisceau X. Cette direction coïncide d'ailleurs avec le milieu de l'intervalle précédent, la répartition étant assez symétrique.

5. Une interprétation de ces faits peut se déduire des considérations suivantes : La vitesse des électrons expulsés est donnée par la relation photo-électrique d'Einstein, d'après laquelle l'énergie cinétique de ces électrons est égale au quantum $h\nu$ des rayons X agissants (l'énergie de sortie étant négligeable dans le cas étudié). Nous avons ainsi :

$$h\nu = mc^2\left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1\right), \tag{1}$$

où $h\nu$ est le quantum, $\beta$ le rapport $\frac{v}{c}$ de la vitesse de l'électron à la vitesse de la lumière, $m$ la masse au repos de l'électron.

Pour expliquer la prédominance des rayons projetés vers l'avant, on peut admettre que la composante, suivant la direction du faisceau X, de la

quantité de mouvement de l'électron expulsé, est égale à la quantité de mouvement du quantum incident; la composante normale se trouvant équilibrée par le recul du reste positif de l'atome. On aura en évitant cette conservation

$$\frac{h\nu}{c} = \frac{mv\cos\theta}{\sqrt{1-\beta^2}}. \tag{2}$$

En résolvant les équations (1) et (2) par rapport à $\cos\theta$, et en posant pour simplifier $\frac{h\nu}{mc^2} = a$, on trouve

$$\cos\theta = \sqrt{\frac{a}{a+2}}. \tag{3}$$

L'angle $\theta$ ainsi trouvé est, suivant cette théorie, l'angle de projection de tous les électrons; mais il est facile d'expliquer la dispersion autour de cette direction par les vitesses préexistantes des électrons dans l'atome, et par des déviations dues au rayon, auprès duquel peut passer l'électron expulsé.

Dans le cas expérimental traité, on a d'après (3) pour les rayons X produits sous 45000 volts (ou moins) un angle $\theta = 78°$ (ou plus). Des mesures à tension plus élevée sont en cours pour observer, s'il y a lieu, le déplacement du maximum.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la recherche de l'émanation du thorium (thoron) dans les sources thermales, par la méthode de l'activité induite.* Note de M. **Adolphe Lepape**, présentée par M. Charles Moureu.

1. Ainsi que l'ont établi les premiers P. Curie et A. Laborde [1], les eaux minérales contiennent presque toutes de l'émanation du radium (radon). Ce fait résulte de l'universelle diffusion du radium dans les matériaux solides de l'écorce terrestre. Mais, puisque le thorium se trouve toujours associé au radium dans les roches, il semblerait que l'émanation du thorium (thoron), gaz isotope du radon, dût également se rencontrer dans toutes les sources thermales. Or, le nombre des sources où le thoron a été signalé est fort restreint [2]. Et l'on peut se demander si ce fait correspond réellement à la rareté du thoron dans les sources ou à la difficulté d'y déceler sa présence.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 1150; t. 142, 1906, p. 1462.

[2] Sur près de deux cents sources du Colorado, par exemple, une seule a été trouvée contenir du thoron (Lester, *Amer. Journ. of Science*, t. 46, 1918, p. 631).

A cause de la vie très brève du thoron (destruction de moitié en 54 secondes), on recherche habituellement ce radioélément en introduisant rapidement les gaz spontanés d'une source dans un électroscope à émanation et en observant aussitôt l'allure du courant d'ionisation. Une autre méthode, plus sûre et plus sensible, est basée sur l'étude du dépôt d'activité induite. Le dépôt dû au radon, qui a pratiquement disparu après 4 heures, peut, en effet, être différencié très aisément de celui dû au thoron, qui diminue de moitié en 11 heures seulement.

2. C'est ce procédé de recherche du thoron que j'ai mis en œuvre dans quelques stations thermales des Pyrénées et du Plateau Central, en 1922 et en 1923.

On effectue généralement le dépôt d'activité induite sur un *fil* métallique négativement électrisé et immergé dans l'atmosphère radioactive. En vue d'augmenter la sensibilité de la méthode, j'ai porté au maximum la surface offerte à ce dépôt, en employant une *feuille métallique ayant pour dimensions celles de la surface latérale intérieure de la chambre d'ionisation de l'appareil de mesure*.

Le dispositif expérimental se présente ainsi : Dans un grand cylindre en zinc (diamètre, $15^{cm}$; hauteur, $60^{cm}$), placé au-dessus d'un entonnoir dans le griffon, on suspend, par l'intermédiaire d'un bouchon isolant en ambroïde, un cylindre d'aluminium (diamètre, $5^{cm}$; hauteur, $50^{cm}$), sur lequel est enroulée une *feuille d'aluminium* qui le recouvre entièrement et qu'on porte à un potentiel négatif de 300 à 350 volts (batterie de piles sèches « Hydra ») [1]. Soumises à un champ électrique intense, les particules de Ra A, Ra B, Ra C, etc., Th A, Th B, Th C, etc., se précipitent sur la feuille d'aluminium dès qu'elles naissent de la désintégration des émanations éventuellement présentes dans les gaz spontanés de la source. Au bout de 4 à 5 heures, le dépôt d'activité induite du radium atteint sa valeur maxima (équilibre radioactif), mais celui du thorium augmente pendant deux à trois jours.

Pour étudier ce dépôt radioactif, on applique la feuille collectrice (en l'enroulant sur elle-même, parallèlement à sa petite dimension) sur la surface latérale intérieure de la chambre d'ionisation d'un appareil de mesure (cylindre de laiton de $16^{cm}$ de diamètre intérieur et $18^{cm}$ de haut, surmonté d'un électroscope de Chéneveau et Laborde). S'il persiste, 4 heures après la fin de l'exposition dans l'atmosphère radioactive, un courant d'ionisation diminuant ensuite de moitié en 11 heures environ, c'est l'indice de la présence du thoron dans les gaz examinés.

---

[1] Au lieu de piles, encombrantes et d'usure rapide, on peut employer le dispositif de MM. Ledoux-Lebard et Dauvillier, constitué par un petit transformateur chargeant, à travers un kénotron, un condensateur de faible capacité. Cette source de tension permet d'atteindre un potentiel aussi élevé qu'il est désirable, et d'accroître encore notablement la sensibilité de la méthode ici décrite.

3. Pour chacune des neuf sources étudiées, voici, indiquées dans le Tableau suivant, les intensités : initiale, après 4 heures et, après 15 heures, de l'activité induite (en unités arbitraires) présente sur la feuille collectrice, après exposition de 48 heures aux gaz de la source, sous 300 à 350 volts. La dernière colonne contient les concentrations en radon (millimicrocuries par litre de gaz, à l'émergence) [1] :

*Activité induite des gaz des sources thermales.*

| Stations et Sources. | Activité induite (en unités arbitraires) initiale. | après 4 h. | après 15 h. | Em. Th. | Em. Ra ($10^{-9}$ curie par litre). |
|---|---|---|---|---|---|
| **I. Stations des Pyrénées.** | | | | | |
| Bagnères-de-Luchon : | | | | | |
| (S. Bordeu, n° 1) | 2,89 | 0 | 0 | néant | 132,5 |
| (S. Saule, n° 2 | 2,05 | 0 | 0 | néant | 82,5 |
| Vernet-les-Bains (S. du Parc) | 1,40 | 0 | 0 | néant | 54,7 |
| Les Escaldes (S. Colomer) | 1,28 | 0 | 0 | néant | 21,5 |
| Thuès-les-Bains (Bassin Carré) | 0,74 | 0 | 0 | néant | 17,7 |
| **II. Stations du Plateau Central.** | | | | | |
| La Bourboule (S. Choussy) | 50 | 0,12 | 0,01 | traces | 161,4 |
| Royat (S. St-Victor) | 7,93 | 0,012 | 0,002 | traces | 35,2 |
| » (S. Eugénie) | 1,69 | 0,005 | 0 | ? | 3,2 |
| St-Nectaire (S. Saint-Cézaire) | 0,31 | 0,08 | 0,04 | traces | 0,7 |

Pour aucune des sources des Pyrénées, il ne subsiste une activité mesurable après 4 heures. Ces sources ne contiennent donc pas de thoron [2].

Pour les sources du Plateau Central, au contraire, un courant d'ionisation résiduel indique la présence certaine du thoron. L'intensité de ce courant est de l'ordre de grandeur de la fuite spontanée, elle est donc mal déterminée; mais il en résulte cependant qu'il n'existe, dans les sources du Plateau Central, que des traces de thoron. Les nombres les plus nets sont fournis par la source Saint-Cézaire, de Saint-Nectaire, dont la teneur en radon est très faible.

---

(1) A. Lepape, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1702.

(2) La sensibilité de la méthode ne saurait être mise en doute, car elle a permis de déceler, avec certitude, le radon et le thoron dans l'air atmosphérique, à Luchon et aux Escaldes, et de montrer, par exemple, qu'à Luchon, l'air de la galerie François est environ cent fois plus riche en radon que l'air extérieur.

4. Ces résultats montrent que, à l'inverse du radon, *le thoron n'existe pratiquement pas, sauf exceptions, aux griffons des sources thermales* (¹). Il n'en reste pas moins certain, cependant, que l'eau minérale, pendant son parcours souterrain, rencontre du thoron, dont une partie doit passer en dissolution. Et, si au griffon, on ne rencontre, au plus, que des traces de ce radioélément, c'est, probablement, parce qu'il s'écoule plus de dix minutes (durée pratiquement totale de la vie du thoron) entre le moment où l'eau s'est, en dernier lieu, chargée de thoron et celui où elle apparaît au jour. Dans cette hypothèse, les produits de désintégration du thoron, dont la destruction est beaucoup plus lente, pourraient encore subsister dans l'eau, au griffon, et il serait intéressant de les y rechercher.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la purification électrolytique des précipités.* Note de M. **André Charriou**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Une particule en suspension ou dissolution dans l'eau porte en général une charge électrique et elle se dirige vers le pôle de signe contraire lorsqu'on vient à créer une différence de potentiel. Nous avons cherché à appliquer ces phénomènes, dans le cas des entraînements par les précipités, à la séparation électrolytique du précipité et du corps absorbé.

Nos expériences ont porté sur des précipités d'alumine ayant entraîné des acides ou des bases.

I. *Alumine et acides.* — Les précipités d'alumine ayant entraîné de l'acide chromique sont fortement colorés en jaune et l'on peut ainsi se rendre compte très facilement de la séparation des deux corps, c'est par suite ce cas que nous avons tout d'abord étudié.

Un précipité, contenant $Al^2O^3 = 1^g,14$ et $CrO^3$ entraîné pour $100 = 3,7$, était disposé sur un diaphragme en coton de verre, placé au tiers de la hauteur d'une des branches d'un tube en U de $2^{cm}$ de diamètre. Le tube étant rempli d'eau distillée (longueur totale de la colonne d'eau, $30^{cm}$) et à la partie supérieure de chaque branche se trouvant une électrode de platine, on faisait passer un courant continu sous 110 volts.

Alors qu'avant le passage du courant l'acide chromique absorbé par l'alumine est insoluble dans l'eau, sous l'influence du courant il passe assez

(¹) Un cas particulièrement frappant est celui de la source d'Echaillon, où MM. Cluzet et Chevallier n'ont pu trouver de thoron, malgré la richesse en radiothorium que présentent les sédiments de cette source (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1163).

rapidement en solution et chemine dans le tube pour venir se concentrer autour de l'anode.

Au bout de 2 à 3 heures, le précipité ainsi que l'eau qui se trouve dans la branche cathodique est parfaitement incolore et tout l'acide chromique est en solution dans la partie supérieure de la branche anodique.

*Marche du phénomène en fonction du temps :*

| Durée du passage du courant. | Intensités en milliampères. | |
|---|---|---|
| h m | | |
| 0 | 1,2 | |
| 0.30 | 2 | |
| 1 | 3 | le précipité est presque complètement décoloré. |
| 1.30 | 3,6 | le précipité est complètement décoloré. |
| 2 | 5 | toute la branche anodique est colorée par la solution chromique. |
| 2.30 | 5,8 | |
| 3 | 6,8 | |
| 3.30 | 6,95 | |
| 4 | 5,3 | |
| 4.30 | 5,15 | |
| 5 | 5 | l'acide chromique se concentre autour de l'anode. |

Si l'on continue à faire passer le courant l'acide chromique se concentre de plus en plus autour de l'anode et l'intensité du courant tombe au bout de 24 heures à 0,5 milliampère.

On peut remarquer que la quantité d'électricité nécessaire à la séparation de l'alumine et de l'acide chromique est du même ordre de grandeur que la quantité d'électricité que demanderait la dissociation électrolytique de la même masse d'acide chromique.

*Influence des corps dissous dans l'eau.* — Nous avons recherché si en remplaçant l'eau distillée par une solution d'un sel ou d'une base, la séparation serait encore possible.

*a. Nitrate d'ammoniaque.* — En présence d'une solution de nitrate d'ammoniaque à 1 pour 100, au bout de 12 heures sous 4 volts la séparation est insignifiante.

Avec une solution de nitrate d'ammoniaque à 0,1 pour 100, la séparation est longue, mais elle se réalise néanmoins complètement.

*b. Ammoniaque.* — En présence d'une solution d'ammoniaque à $0^{mol},2$. par litre la séparation s'effectue normalement.

Nous avons répété ces expériences sur des précipités d'alumine ayant entraîné de l'acide permanganique et de l'acide sulfurique, ainsi que

sur des précipités d'oxyde ferrique ayant entraîné de l'acide chromique.

Dans tous les cas, ces précipités ont été complètement débarrassés des acides entraînés qui sont venus se concentrer autour de l'anode.

II. *Alumine et bases.* — Un précipité d'alumine ayant entraîné de la chaux ou de la baryte était disposé sur le diaphragme en coton de verre, mais placé cette fois dans la branche anodique du tube en U.

Le tube étant rempli d'eau distillée, sous l'influence du courant continu de 110 volts la chaux ou la baryte est passée en solution et est venue se concentrer autour de la cathode.

Un précipité d'alumine ayant entraîné de l'oxyde de cuivre a été traité de la même façon : l'oxyde de cuivre n'étant pas soluble dans l'eau le transport ne s'est pas effectué ; mais en remplaçant l'eau par une solution d'ammoniaque à $0^{mol},4$ par litre, dans laquelle l'oxyde de cuivre est soluble, la séparation sous 8 volts a été complète.

Conclusion. — *Si l'on soumet un corps insoluble, ayant absorbé un corps soluble continu, à l'influence d'un courant électrique le corps absorbé passe complètement en solution et chemine vers l'électrode de signe contraire à la charge électrique qu'il porte.*

*Applications.* — Il sera ainsi possible de réaliser une purification rapide et complète des précipités. On pourra les filtrer dans un creuset de Gooch, et au moment où le précipité se tasse, tellement que l'eau de lavage ne passe plus que très difficilement, il suffira de disposer deux électrodes de platine, l'une appliquée sous le fond du creuset et l'autre baignant dans l'eau que contient le creuset. En faisant passer un courant continu dans un sens ou dans un autre, on éliminera complètement les acides ou les bases avec quelques centimètres cubes d'eau.

Ainsi, un précipité contenant $0^{g},42$ d'alumine et 3,7 pour 100 d'acide chromique a été complètement débarrassé de l'acide chromique par un courant de 0,1 ampère pendant 10 minutes.

De même si l'on soumet à un courant électrique un précipité contenu dans un filtre sans plis, aplati et suspendu dans une cuve étroite entre deux lames de platine, la cuve étant remplie d'eau, les corps entraînés par le précipité passent complètement en solution dans l'eau.

Ces procédés ne peuvent s'appliquer qu'aux précipités complètement insolubles. En effet, un précipité faiblement soluble comme le sulfate de baryte se dissocie petit à petit sous l'influence du courant électrique ; l'acide sulfurique et la baryte passent en solution et cheminent le premier vers l'anode, le second vers la cathode.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le paramagnétisme du fer dans le ferricyanure de potassium.* Note de M^lle **Paule Collet**, présentée par M. Paul Janet.

L'étude magnétique d'une solution aqueuse de ferricyanure de potassium par la méthode de dénivellation permet de déterminer avec précision la susceptibilité moléculaire $\chi_m$ du sel dissous. Les mesures ont porté sur des solutions renfermant de $1^g,127$ à $20^g,27$ de sel pour $100^g$ de solution.

L'erreur est plus forte dans le cas des solutions étendues; avec la même précision de lecture des niveaux ($0^{mm},001$), l'erreur relative sur $\chi_m$ varie de $\frac{1}{36}$ à $\frac{1}{720}$. Les valeurs extrêmes sont :

$$\chi_m = 1960 \times 10^{-6} \qquad \text{et} \qquad \chi_m = 2258 \times 10^{-6}.$$

La correction du diamagnétisme du reste de la molécule de ferricyanure $[(CN)^6K^3]$ est importante en regard du paramagnétisme mesuré. Elle atteint en effet, d'après des calculs faits sur les expériences de Pascal, $118 \times 10^{-6}$. L'incertitude provenant de ce terme de correction est de $5 \times 10^{-6}$, et l'on n'en dispose pas.

La loi de Curie permet de déterminer le moment magnétique de l'atome de fer. Le nombre de magnétons obtenu, $n$, varie d'une manière continue avec la concentration. Il est de 11,40 aux grandes concentrations et de 10,91 pour la solution la plus diluée, c'est-à-dire de 11 au degré de précision des mesures. L'erreur absolue sur $n$, qui n'est que de 0,023 en solution concentrée, peut, en effet, atteindre 0,2 aux fortes dilutions.

Il y a donc un porteur à 11 magnétons qui existe seul aux dilutions extrêmes, et un autre porteur de moment plus élevé, en quantité croissante avec la concentration.

M. Pierre Weiss a déduit des mesures de Honda sur le ferricyanure solide la valeur $n = 13$ magnétons.

Ces nombres, 11 magnétons et 13 magnétons, qui caractérisent le composé complexe $Fe(CN)^6K^3$ sont l'un et l'autre très inférieurs aux nombres de magnétons (26, 27, 29) des sels ferriques normaux dans les divers états.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence sur les propriétés des sols de sulfure d'arsenic de quelques facteurs physiques intervenant lors de leur préparation.* Note de MM. **A. Boutaric** et **M. Vuillaume**, transmise par M. Daniel Berthelot.

I. *Action de quelques facteurs physiques sur la grosseur moyenne des granules.* — On prépare les sols de sulfure d'arsenic en faisant barboter de l'acide sulfhydrique dans une solution d'anhydride arsénieux et éliminant par un courant d'hydrogène l'excès d'acide sulfhydrique. La grosseur moyenne des granules dépend d'un certain nombre de facteurs physiques intervenant dans la préparation.

Pour comparer la grosseur moyenne des granules dans deux sols de même concentration, on peut, soit étudier le spectre d'absorption des sols, soit, plus simplement, mesurer leur coefficient d'absorption pour une longueur d'onde déterminée. A mesure qu'augmente la grosseur des granules :

1° Les courbes $\log\left(\log\frac{I_0}{I}\right)$ en fonction de $\log\lambda$ se rapprochent de droites dont le coefficient angulaire va en diminant ;

2° L'absorption pour une longueur d'onde déterminée augmente.

*a. Influence de la concentration de la solution d'anhydride arsénieux.* — Prenons trois solutions d'anhydride arsénieux contenant respectivement $20^g$, $10^g$, $5^g$ d'anhydride par litre; faisons passer dans ces solutions disposées en série le même courant d'acide sulfhydrique. Ramenons après saturation les trois solutions à la même concentration en sulfure d'arsenic ($6^g,2$ par litre). Pour une longueur d'onde quelconque, l'opacité augmente nettement avec la concentration de la solution d'anhydride arsénieux utilisée; la grosseur moyenne des granules augmente donc avec cette concentration.

*b. Influence de la température.* — La température ne paraît pas exercer une grande influence. Cependant, pour une même concentration en anhydride arsénieux et une même vitesse du courant d'acide sulfhydrique, une solution préparée à 4° est un peu plus claire qu'une solution préparée à 60°. L'élévation de température favorise le grossissement des granules.

*c. Influence de la vitesse du courant d'acide sulfhydrique.* — La vitesse du courant d'acide sulfhydrique a une *très grande influence* sur la grosseur moyenne des granules : plus le courant est lent et plus les granules sont gros. En faisant agir l'acide sulfhydrique très lentement par diffusion à la

surface de la solution d'anhydride arsénieux, sans le faire barboter, on obtient une solution absolument opaque : le pouvoir absorbant relatif à la longueur d'onde $\lambda = 586^{m\mu}$ par exemple est environ 60 fois plus grand que pour un sol de même concentration préparé en faisant barboter dans la solution d'anhydride arsénieux un courant très rapide d'acide sulfhydrique.

*d. Influence d'un excès d'acide sulfhydrique.* — L'opacité d'un sol de sulfure d'arsenic augmente quand on prolonge la durée du passage du courant d'acide sulfhydrique. Dans une expérience, on a fait passer le courant d'acide sulfhydrique pendant 12 heures après que la transformation de l'anhydride arsénieux en sulfure d'arsenic a été totale; l'opacité de la solution a environ doublé.

II. *Variation de la vitesse de floculation avec la grosseur moyenne des granules.* — Il est facile d'obtenir des sols de même concentration dans lesquels les granules ont des grosseurs moyennes différentes, soit en utilisant au moment de la préparation l'influence d'un des facteurs physiques que nous venons de mentionner, soit en provoquant dans une solution le mûrissement des granules par une ébullition prolongée à volume constant.

La vitesse de floculation par $KCl$ et $BaCl^2$ diminue lorsque, à concentration du sol invariable, la grosseur moyenne des granules augmente; la variation est de sens inverse quand on produit la floculation avec $AlCl^3$.

On peut comparer ces résultats avec ceux qui traduisent l'influence, sur la vitesse de floculation, de la concentration des sols dont les granules ont même grosseur moyenne. La vitesse de floculation augmente avec la concentration du sol pour $KCl$ et $BaCl^2$; elle diminue pour $AlCl^3$. Il semble y avoir parallélisme entre les deux phénomènes comme si la vitesse de floculation, pour une même quantité de sel coagulant, dépendait uniquement du nombre des granules : la vitesse de floculation augmenterait avec le nombre de ces granules pour $KCl$ et $BaCl^2$ et diminuerait pour $AlCl^3$. Effectivement $CdCl^2$, qui se comporte comme $AlCl^3$ en ce qui concerne l'influence de la concentration pour des sols de même grosseur granulaire moyenne, se comporte également comme $AlCl^3$ en ce qui concerne l'influence de la grosseur granulaire moyenne pour des sols de même concentration.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une nouvelle méthode d'examen permettant de déceler l'adultération des beurres de cacao.* Note de M. **André Kœhler**, présentée par M. A. Haller.

Les méthodes classiques d'examen des matières grasses, telles que : indices de saponification, indice d'iode, etc., appliquées au beurre de cacao, sont impuissantes à déceler avec quelque certitude le mélange à cette matière grasse d'autres beurres végétaux, surtout lorsque ceux-ci sont ajoutés à des doses relativement modérées, telles que quelques dizaines pour cent.

Nous avons mis au point une méthode nouvelle de la détermination de la pureté des beurres de cacao, relativement aux altérations frauduleuses ou involontaires qu'ils auraient pu subir, méthode très simple, à la portée de tout manipulateur soigneux, et qui, indépendamment du caractère propre de pureté ou de fraude, donne une indication approximative sur le pourcentage de l'impureté mélangée.

Cette méthode repose sur le trouble déterminé dans une solution chloroformique titrée du beurre de cacao, par l'addition d'acétylacétate d'éthyle.

En opérant dans des conditions précises et constantes de température, d'agitation et de titre, le volume d'éther acétylacétique qu'il faut ajouter pour obtenir un trouble constant, est une fonction précise et très sensible de la pureté du beurre.

Tous les beurres purs donnent des résultats rigoureusement concordants.

L'adultération se décèle par une augmentation du volume à ajouter.

Dès qu'un beurre contient une proportion d'impureté ou de graisse étrangère, supérieure à 15 pour 100, celle-ci se décèle immédiatement avec une certitude absolue : l'augmentation dans le volume nécessaire pour déterminer la réaction est d'au moins 25 pour 100 par rapport au volume correspondant au beurre pur.

Pour une altération à 10 pour 100 ou une altération plus petite, il peut y avoir doute : on enrichit alors le beurre soupçonné par liquation (cristallisation fractionnée au repos).

On retombe sur un beurre dans lequel la proportion d'adultérant atteint au moins 15 pour 100, c'est-à-dire pour lequel la méthode représente une certitude absolue.

La réaction, comme toutes les méthodes physico-chimiques du même genre, manifeste une grande sensibilité à la température, et l' « indice de trouble » (nombre de centimètres cubes d'éther acétylacétique à ajouter pour obtenir un trouble constant) varie fortement en l'espace de quelques degrés.

Ce point n'entraine pas d'inconvénient pratique : on appliquera toujours la méthode, non pas en valeur absolue, mais *par comparaison* avec un beurre pur : il sera facile d'avoir à la même température la solution de beurre pur et de beurre soupçonné, et le chiffre gardera sa valeur.

La réaction se fait le mieux avec des solutions chloroformiques à 20 pour 100, et à des températures comprises entre 15 et 20° C.

Au-dessus et au-dessous de ces températures, il sera bon d'opérer avec des solutions plus ou moins concentrées.

Enfin, pour des adultérations massives, de l'ordre de 70 à 100 pour 100, qui donnent, par la précipitation de l'adultérant, des indices de trouble sujets à confusion avec les indices des beurres purs, on lèvera le doute sans aucune difficulté en préparant des mélanges à 25, 50 et 75 pour 100 en volumes, de la solution chloroformique du beurre soupçonné avec une solution chloroformique de beurre pur : ces mélanges peuvent être faits extemporanément et sur place, dans le tube à essai lui-même.

Si le beurre est pur, l'indice sera constant.

Si le beurre est adultéré, l'un des mélanges au moins se trouvera dans l'aire des adultérations comprises entre 15 et 40 pour 100, pour lesquels l'indice accuse une variation considérable, pouvant l'amener à l'infini (il arrive souvent, dans cette aire, que les solutions soient miscibles en toutes proportions), et entraînant le caractère du mélange des beurres.

Le titre du mélange des solutions fournissant le résultat caractéristique indique le pourcentage approximatif de l'altération.

*En résumé*, le nombre de centimètres cubes d'éther acétylacétique pur qu'il faut ajouter dans $2^{cm^3}$ d'une solution chloroformique à 20 pour 100 de beurre de cacao, pour obtenir un louche constant et n'augmentant plus par addition d'une goutte supplémentaire (point exceptionnellement facile à saisir, et d'une sensibilité remarquable) fournit un chiffre appelé « indice de trouble » caractéristique et constant pour les beurres purs, et variant considérablement dès que le beurre de cacao est additionné de beurres étrangers ; il constitue ainsi une méthode d'examen de la pureté des beurres de cacao.

Cette méthode est probablement applicable à l'examen d'autres matières grasses.

MÉTALLURGIE. — *Différenciation des aciers par l'examen des étincelles de meulage dans l'air et dans l'oxygène.* Note de M. E. **Pitois**, transmise par M. Rateau.

Jusqu'ici les essais effectués à l'usine pour classer les aciers, essais faits par *prélèvement*, ne donnaient qu'une *probabilité* de nuance pour les divers éléments de chaque lot, attendu que l'on ne peut pas plus songer à tractionner, après recuit, tous les tubes ou toutes les barres ou toutes les tôles d'un lot, qu'à faire pour chacun de ces éléments une micrographie ou une analyse chimique.

Sans doute l'essai « à la bille » pourrait théoriquement être étendu, sinon aux tôles et aux tubes pour lesquels il ne convient pas, du moins à toutes les barres d'un lot; mais si l'on n'a pas recuit ces barres, ce qui n'est pas toujours indiqué, on n'est renseigné que sur l'état actuel du métal et l'on peut très bien prendre — l'expérience l'a montré — un acier doux écroui pour un acier mi-doux ou mi-dur.

Certains accidents causés par des ruptures de boulons et tendeurs d'avions n'ont pas eu d'autre cause.

L'essai aux étincelles, que j'ai mis au point, permet de remédier très simplement à cet état de choses.

La présente Note a pour but :

1° De donner une explication complète du phénomène de l'étincelle de meulage;

2° De montrer comment j'ai réussi à fixer par la photographie les variations du phénomène suivant les aciers les plus divers et comment la gamme ainsi obtenue constitue la base d'une méthode particulièrement rapide et économique d'essais qualitatifs individuels, permettant de connaître la nuance du métal, quel que soit son état actuel (recuit, trempé, écroui);

3° De faire connaître le procédé de meulage dans l'oxygène, que j'ai imaginé pour la différenciation des aciers à soupapes.

I. *Le phénomène de l'étincelle de meulage.* — Pour séparer, dans ce phénomène de meulage, ce qui est échauffement consécutif à l'arrachement mécanique et ce qui est échauffement d'oxydation, j'ai fait des meulages dans un gaz n'entretenant pas la combustion : l'acide carbonique.

L'appareil nécessaire à de telles expériences consiste en une caisse vitrée, munie de robinets pour l'arrivée et l'évacuation des gaz, et de trappes à rebords feutrés pour l'introduction préalable des éprouvettes, caisse dans laquelle un petit moteur électrique fait tourner très rapidement une meule

à émeri, au contact de laquelle l'éprouvette à essayer peut être amenée par une commande à vis extérieure, une pression constante étant d'autre part obtenue par un mécanisme à levier différentiel à contrepoids réglables.

On sait qu'*à l'air libre* certains aciers, et notamment les aciers fondus au carbone ou bien les aciers à haute teneur en carbone et manganèse, donnent des gerbes d'étincelles particulièrement *riches en éclatements brillants*.

*En atmosphère carbonique*, on constate qu'il ne reste plus de ces gerbes que quelques rayons *rouges, très sombres, sans aucun éclatement;* ce qui prouve qu'en l'absence d'oxydation l'échauffement mécanique initial arrive tout juste à porter au rouge sombre les particules d'acier arrachées et projetées par la meule.

Comme contre-épreuve, le meulage dans l'oxygène donne des étincelles d'un blanc éblouissant avec la plupart des aciers qui, comme ceux au tungstène, donnent dans l'air des gerbes rouges et seuls résistent quelques aciers tout à fait inoxydables à haute température.

Dans l'air, l'échauffement d'oxydation suffit à porter à la fusion la plupart des particules avec les aciers ordinaires. Je le prouve en coupant les gerbes par des plaques de verre, où les particules, par suite de leur haute température, s'incrustent en donnant naissance à toutes les éclaboussures de rejaillissement d'une gouttelette liquide, éclaboussures que j'ai pu micrographier. Il est à signaler que la forme des incrustations varie avec les aciers au point de se prêter à de multiples différenciations.

Poussant plus loin l'analyse du phénomène, j'ai réussi, en usant délicatement des incrustations d'acier eutectique sur du papier à la potée d'émeri, les polissant à l'alumine et les attaquant à l'acide picrique, à montrer qu'elles n'offrent plus l'aspect perlitique total, caractéristique de l'eutectique, qu'on y remarque de larges plages de ferrite, résultat de la décarburation, et que cette décarburation est complète si l'on répète l'expérience en atmosphère d'oxygène.

Ainsi, chaque particule d'acier projetée par la meule devient un globule en fusion où l'oxygène de l'air brûle le carbone, et le phénomène de l'étincelle n'est autre chose que l'explosion d'une gouttelette sous l'action des gaz produits par cette combustion.

II. *Obtention de gammes photographiques donnant une base précise à « l'essai aux étincelles ».* — L'expérience montre que chaque nuance d'acier peut être caractérisée par l'apparence de l'éclatement le plus complexe auquel cet acier donne naissance, apparence qui reste immuable pour un même acier, qu'il soit recuit, trempé ou écroui, puisqu'elle ne dépend que

de la teneur en carbone. J'ai pu fixer avec précision ces formes par la photographie à l'aide d'un matériel d'optique à très haute luminosité et d'obturateurs de plaques spécialement réglés.

La différenciation de chaque nuance est très nette :

Par exemple les étincelles en fuseau, en fourche, en étoile simple, en étoile multibranche, en éclatements multiples, en houppe, en épis, en fleur, en bouquet de fleurs, caractérisent successivement les aciers extra-doux, doux, doux trempants, demi-doux, fortement demi-doux, demi-durs, fortement demi-durs et extra-durs.

On remarquera la distinction de la nuance douce trempante par l'apparition de l'étoile, qui marque la limite des aciers propres à la cémentation et à certaines utilisations, notamment lorsqu'il s'agit de tôles, l'emploi comme chemise à eau dans les moteurs d'avion.

De même, aux étincelles on voit tout de suite si une fonte *grise*, dont la caractéristique est une gerbe *rouge sombre* à rares éclatements en hallebardes, a une croûte *blanche*, dont la caractéristique est une gerbe *brillante* toute fourmillante d'éclatements en fleurs de lys, et l'on évitera ainsi bien des détériorations d'outils.

Enfin pour les aciers spéciaux, j'ai réalisé des séries de planches photographiques fixant également les caractères principaux permettant de reconnaître chaque constituant et notamment le silicium, le nickel, le chrome, le tungstène et le manganèse.

III. *Extension de la méthode dans l'oxygène; critère d'inoxydabilité à haute température pour les aciers à soupapes.* — Si la plupart des aciers, qui dans l'air donnent des gerbes rouges, « flambent » littéralement dans l'oxygène sous l'action de la meule, il en est qui résistent, certains partiellement, d'autres totalement.

La proportion et la fréquence des éclatements blancs renseignent immédiatement sur le degré d'inoxydabilité à haute température de l'acier essayé. On a donc là un nouveau critère extrêmement précieux pour les aciers à soupapes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthylation des amines tertiaires et des alcaloïdes au moyen des éthers sulfométhyliques dérivés des phénols.* Note de MM. **L.-J. Simon** et **M. Fréréjacque.**

L'action à la fois sulfonante et méthylante du sulfate diméthylique sur les phénols nous a rendu aisément accessibles les éthers sulfométhyliques de ces substances ([1]) : par exemple l'éther sulfométhylique de l'anisol, substitué en para

$$C^6H^4(OCH^3)_1(SO^3CH^3)_4.$$

A cette occasion nous avons déjà signalé l'aptitude de ces éthers à méthyler les amines. Cette aptitude, qui fait des éthers sulfométhyliques une sorte de succédané de l'iodure de méthyle ou même du sulfate diméthylique, a déjà été reconnue; elle ne mériterait pas d'être signalée si l'emploi des substances que nous avons étudiées ne se prêtait pas *pratiquement* à des résultats plus avantageux.

I. L'hexaméthylène-tétramine $(CH^2)^6N^4$ ou urotropine qui résulte comme chacun sait de l'action du formol sur l'ammoniaque, soumise à l'action de l'iodure de méthyle, du sulfate diméthylique ou de certains éthers sulfoniques dérivés *des hydrocarbures aromatiques* s'y combine pour donner le sel d'une base méthylée quaternaire

$$C^6H^{12}N^4 + R(OCH^3) = C^6H^{12}N^3(NCH^3)(OR) \rightarrow C^6H^{12}N^3N(OH)CH^3.$$

Un groupe méthyle se fixe sur un atome d'azote tertiaire et le radical acide y reste fixé de son côté pour donner le sel correspondant de l'hydrate quaternaire.

Les éthers sulfométhyliques dérivés *des phénols* que nous avons obtenus se prêtent remarquablement à cette même réaction et fournissent très facilement et très complètement les sels phénolsulfoniques de la même base.

L'opération se fait pour le mieux en solution chloroformique où les sels formés sont insolubles; elle se fait rapidement à froid, plus vite encore si l'on chauffe légèrement. Pour mieux apprécier la sensibilité de cette réaction, il suffira de dire que $20^{mg}$ d'urotropine et poids égal d'éther anisolsulfonique dissous séparément dans $10^{cm^3}$ de chloroforme fournissent au bout de quelques minutes les cristaux caractéristiques de la combinaison saline;

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 900, et t. 177, 1923, p. 533.

si même on s'astreint à ne pas élever la température, ces cristaux apparaissent bien formés au bout de quelques jours.

Nous avons étendu cette réaction aux dérivés sulfométhylés des crésols et des crésolates de méthyle, ainsi qu'au dérivé sulfométhylé du salicylate de méthyle [1].

| | | | |
|---|---|---|---|
| $C^6H^4(OH)_1(SO^3CH^3)_4$ ......... | 225° | $C^6H^4(OCH^3)_1(SO^3CH^3)_4$ ...... | 195° |
| $C^6H^3(OH)_2(CH^3)_1(SO^3CH^3)_5$ ... | 134° | $C^6H^3(OCH^3)(CH^3)_1(SO^3CH^3)_5$. | 190° |
| $C^6H^3(OH)_1(CH^3)_4(SO^3CH^3)$ ... | 175° | $C^6H^3(OCH^3)_1(CH^3)_4SO^3CH^3$ ... | 215° |

$C^6H^3(OH)_2(CO^2CH^3)_1SO^3CH^3$. 230°

Les sels obtenus sont très solubles dans l'eau et l'alcool, insolubles dans le benzène, l'éther et le chloroforme. L'alcool butylique paraît être pour ces substances le dissolvant de choix : c'est dans l'alcool butylique qu'elles ont été recristallisées. Ces sels d'une base quaternaire fournissent, lorsqu'on les traite en solution aqueuse par l'acide picrique, les picrates correspondants. Elles se prêtent à la réaction colorée suivante : chauffées au bain-marie, même à l'état de trace, avec un peu d'acide sulfurique concentré, elles lui communiquent une coloration rouge cerise qui disparaît par addition d'eau ou qui brunit par prolongation de la chauffe.

II. Des combinaisons de même nature peuvent être obtenues avec d'autres bases tertiaires : antipyrine, pyramidon, diméthylaniline, pyridine. La seule modification à apporter réside dans le choix du solvant : au chloroforme dans lequel le sel formé est trop soluble on substitue le benzène et il est avantageux de chauffer légèrement au bain-marie pour accélérer la réaction.

Avec l'antipyrine, les produits obtenus avec l'éther méthylsulfonique du salicylate de méthyle et de l'anisol fondent respectivement à 135° et 96°.

Avec le pyramidon l'anisolsulfonate de méthyle fournit un sel fondant à 162° et avec l'éther méthylsulfonique du salicylate de méthyle un sel fondant à 97°. Il n'est pas interdit d'espérer que *parmi toutes ces combinaisons qui sont naturellement nouvelles quelqu'une puisse être utilisée en thérapeutique.* De ces combinaisons salines il est facile de revenir à la base quaternaire correspondante.

III. Cette même réaction peut également être étendue aux alcaloïdes : nous nous sommes limités d'une part à l'anisolsulfonate de méthyle et,

---

[1] Les températures indiquées sont des températures de décomposition suffisamment nettes pour être utilisées à la spécification.

d'autre part, à la brucine, la strychnine, la quinine et la quinidine. Les choses se passent comme avec les autres bases tertiaires et l'on obtient les sels de l'acide anisolsulfonique avec les bases quaternaires correspondantes. Ce qui distingue chaque cas c'est le solvant à employer : avec la quinine et la strychnine on peut employer le benzène comme avec le pyramidon et l'antipyrine. Avec la brucine au contraire on obtient en solution benzénique ou en solution chloroformique une gelée qui ne se résout que lentement en cristaux ; il faut alors employer comme solvant l'alcool méthylique. Avec la quinidine on utilisera l'éther ordinaire. Des sels obtenus, les acides picrique et chloroplatinique régénèrent les picrate et chloroplatinate des bases quaternaires, l'iodure de potassium régénère l'iodométhylate correspondant.

IV. Si l'on envisage les bases quaternaires extraites de leurs sels, nous avons déjà dit au début de cette Note qu'elles peuvent être obtenues par d'autres moyens de méthylation tels que l'iodure de méthyle ou le toluène sulfonate de méthyle. L'avantage de l'emploi de l'anisolsulfonate de méthyle c'est d'utiliser un réactif facile à obtenir et fournissant par une technique simple des substances généralement très bien cristallisées et propres à la spécification des bases tertiaires. L'emploi plus direct du sulfate diméthylique conduit à des substances trop déliquescentes pour être analysées ou même isolées. D'autre part des recherches récentes (Gibson et Vining) ont montré que le sulfate diméthylique peut agir sur les molécules cycliques azotées comme sulfonant ainsi qu'il le fait sur les phénols et alors résultent des complications qui ne se présentent pas avec l'anisolsulfonate de méthyle et ses congénères.

Pour ces raisons diverses : accès facile du réactif employé, isolement et purification facile du produit de la réaction, retour sans réaction latérale à la base quaternaire formée ou à ses dérivés habituels et enfin acquisition éventuelle de nouveaux agents thérapeutiques, cette réaction nous a paru mériter d'être signalée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches stéréochimiques dans la série de la benzalacétophénone. Sur quelques dérivés du dibenzoylméthane et de la benzalacétophénone.* Note [1] de MM. **Charles Dufraisse** et **Alfred Gillet**, présentée par M. Charles Moureu.

En vue de soumettre à l'épreuve diverses hypothèses conçues au cours de travaux précédents, nous nous sommes proposé de préparer des dérivés de la benzalacétophénone répondant à la formule

$$C^6H^5 - CO - CBr = C(OR) - C^6H^5,$$

où les quatre restes fixés sur les carbones éthyléniques $= C = C =$ sont aussi dissemblables que possible, aucun d'eux n'étant l'atome d'hydrogène. Dans le présent exposé, nous décrirons sommairement un mode général d'obtention et quelques propriétés caractéristiques de ces composés. Leur préparation nous a donné l'occasion de trouver un mode général de formation d'une série de nouveaux dérivés du dibenzoylméthane, répondant à la formule $C^6H^5 - CO - CHBr - C(OR)(OR') - C^6H^5$, où R et R′ peuvent être identiques ou différents. Ce sont des *monoacétals* du bromodibenzoylméthane $C^6H^5 - CO - CHBr - CO - C^6H^5$ : nous en dirons quelques mots.

1° *Les monoacétals du bromodibenzoylméthane.* — Les β-alcoxybenzalacétophénones

$$C^6H^5 - CO - CH = COR - C^6H^5 \quad (^2)$$

peuvent fixer $Br^2$ sans dégagement important de HBr, mais le dibromure obtenu

$$C^6H^5 - CO - CHBr - C(OR)Br - C^6H^5,$$

extrêmement sensible à l'action de l'humidité, se transforme aussitôt en bromodibenzoylméthane

$$C^6H^5 - CO - CHBr - CO - C^6H^5.$$

En prenant des précautions appropriées, nous avons réussi à remplacer l'atome de brome placé près du groupe — OR par un second reste — OR. Nous avons préparé de cette manière, avec d'excellents rendements, les

(1) Séance du 25 février 1924.

(2) Ch. Dufraisse et P. Gérald, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 31, 1922, p. 1299.

corps suivants :

$$C^6H^5 - CO - CHBr - C(OCH^3)^2 - C^6H^5 \text{ (fus. } 91^\circ\text{)},$$
$$C^6H^5 - CO - CHBr - C(OC^2H^5)^2 - C^6H^5 \text{ (fus. } 72^\circ\text{)},$$
$$C^6H^5 - CO - CHBr - C(OC^3H^7)^2 - C^6H^5 \text{ (fus. } 84^\circ\text{)}.$$

Le mode d'obtention indiqué ci-dessus, ainsi que celui décrit plus loin, peuvent se prêter l'un et l'autre à la préparation des acétals dissymétriques, où les deux restes alcooliques sont différents l'un de l'autre. Nous avons vérifié le fait en préparant, par les deux procédés, le composé suivant :

$$C^6H^5 - CO - CHBr - C(OCH^3)(OC^2H^5) - C^6H^5 \text{ (fus. } 90^\circ\text{)}.$$

La présence, sur cette dernière molécule, de deux atomes de carbone asymétriques, laisse prévoir l'existence de deux racémiques. Le premier de ces isomères stéréochimiques a été isolé sans trop de peine, mais le second n'a été qu'entrevu : sa solubilité, jointe à sa grande sensibilité chimique, rend son extraction fort délicate ; nous en poursuivons la préparation.

Ces divers corps sont blancs. Ils sont particulièrement sensibles à l'action des acides, qui les transforment aussitôt en bromodibenzoylméthane. Ils perdent à chaud une molécule d'alcool en donnant les composés éthyléniques

$$C^6H^5 - CO - CBr = C(OR) - C^6H^5$$

dont nous cherchions précisément à réaliser la préparation.

2° *Les α-bromo-β-alcoxybenzalacétophénones.* — Nous avons préparé, d'après la réaction précédente, les corps suivants :

$$C^6H^5 - CO - CBr = C(OCH^3) - C^6H^5 \quad \text{(fus. } 72^\circ\text{, forme stable)},$$
$$C^6H^5 - CO - CBr = C(OC^2H^5) - C^6H^5 \quad \text{(fus. } 76^\circ\text{, forme stable)},$$
$$C^6H^5 - CO - CBr = C(OC^3H^7) - C^6H^5 \quad \text{(fus. } 49^\circ\text{)}.$$

Ce sont des substances colorées en jaune pâle, hydrolysables à chaud sous l'influence des acides étendus, avec formation de bromodibenzoylméthane. Les alcolates alcalins fixent une molécule d'alcool sur la double liaison, conformément à la réaction qui a été décrite dans un travail antérieur (*loc. cit.*) ; il y a production d'un monoacétal, qui peut être symétrique aussi bien que dissymétrique (voir ci-dessus).

3° *Particularités cristallographiques des α-bromo-β-alcoxybenzalacétophénones : a. Formes cristallines multiples.* — Ces composés ont une tendance marquée à se manifester sous plusieurs formes, dont chacune est caractérisée d'abord par ses constantes cristallographiques et aussi par un point de fusion défini et par des solubilités déterminées. C'est ainsi que le dérivé

méthoxylé a été isolé sous deux formes fondant respectivement à 64° et à 72°, et le dérivé éthoxylé sous trois formes fondant respectivement à 65°, 73° et 76°. Les différences de solubilités entre les formes successives du même corps peuvent aller du simple au triple. La forme fondant le plus haut est la plus stable : dès qu'elle a fait son apparition dans le laboratoire, *il est impossible d'obtenir une autre forme sans prendre les précautions utilisées par les bactériologistes pour l'obtention des cultures microbiennes pures*. Les cristaux à bas point de fusion, abandonnés aux poussières du laboratoire, surtout quand ils sont mouillés de solvant, se transforment, parfois même avec une surprenante rapidité, en cristaux à point de fusion élevé. Les cristallisations des formes instables ne peuvent être réalisées *qu'en pratiquant une véritable asepsie, c'est-à-dire en stérilisant les appareils et les instruments et en évitant les poussières* (1).

*b. Un cas d'isomorphisme.* — La forme du dérivé méthoxylé fondant à 64° (forme instable) est isomorphe avec l'un des isomères stéréochimiques d'un autre dérivé de la benzalacétophénone, celui des deux isomères de la dibromobenzalacétophénone, $C^6H^5 - CO - CBr = CBr - C^6H^5$, qui fond à 80° (forme stable) (2). Une parcelle de ce dernier corps, lequel cristallise en pyramides hexagonales, mis au contact du dérivé méthoxylé surfondu ou en solution sursaturée, détermine la cristallisation de la forme fondant à 64°, elle aussi constituée par des pyramides hexagonales. Il est curieux de voir ainsi une forme cristalline stable d'un certain corps servir d'amorce pour l'obtention d'une forme cristalline instable d'un autre corps très différent. Le même isomorphisme a été observé avec la forme instable (forme $B_\alpha$ fondant à 71°) de l'un des dérivés diiodés de la benzalacétophénone (2).

Chose étrange, tous les essais tentés en vue d'amorcer de même les dérivés éthoxylé et propioxylé ont échoué : le groupement méthoxy $CH^3 - O -$ se sépare donc nettement des groupements homologues, et, par contre, se rapproche singulièrement, dans l'architecture moléculaire, des atomes d'halogène Br et I.

Nous poursuivons ces observations ainsi que l'étude des conclusions que l'on peut en tirer au point de vue stéréochimique.

---

(1) Voir à ce sujet les belles recherches de E. Biilmann, sur les formes multiples de l'acide allocinnamique (*Ber.*, t. 42, 1909, p. 182). Voir aussi E. Biilmann et H. Lund, *Ann. de Chimie*, 9e série, t. 18, 1922, p. 263.

(2) Ch. Dufraisse, *Ann. de Chimie*, 9e série, t. 17, 1922, p. 152.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la dispersion rotatoire de l'acide tartrique.* Note [1] de M. **Louis Longchambon**, présentée par M. Fréd. Wallerant.

La dispersion rotatoire d'une substance déterminée est une propriété qui se conserve lorsque le corps passe de l'état solide à l'état liquide par fusion ou dissolution; par contre, on doit s'attendre à ce que la dispersion varie si le changement d'état provoque une modification dans la constitution de la molécule, une polymérisation par exemple, ou si le solvant se combine à cette molécule, comme peut le faire l'eau en donnant un hydrate.

L'acide tartrique présente de telles variations en fonction de la température et de la dilution : on sait que les solutions de cet acide se comportent, aux concentrations moyennes, comme si elles contenaient deux composés actifs, l'un droit, l'autre gauche, et de dispersions rotatoires différentes; on suppose généralement que le corps droit est l'acide tartrique ordinaire, le corps gauche pouvant être un isomère, un polymère, un anhydride, un éther interne, etc. En fait, on ne sait rien sur ces deux composants, si ce n'est que leurs activités sont de signes contraires. J'ai pensé qu'il pouvait être utile de comparer la dispersion rotatoire du corps cristallisé aux dispersions si variables des solutions [2].

J'ai pu mesurer le pouvoir rotatoire des cristaux sur une lame à faces parallèles taillée normalement à un axe optique et progressivement amincie jusqu'à l'épaisseur de $0^{mm},51$; la précision des mesures atteint le centième des rotations observées sous cette épaisseur. J'ai d'abord utilisé les radiations monochromatiques de l'arc au mercure séparées spectralement, puis, profitant de ce que la direction des axes optiques varie très peu avec la longueur d'onde, j'ai pu employer de très étroites bandes du spectre continu d'un arc ordinaire. Le tableau suivant indique les valeurs du pouvoir rotatoire pour une épaisseur de $1^{mm}$ :

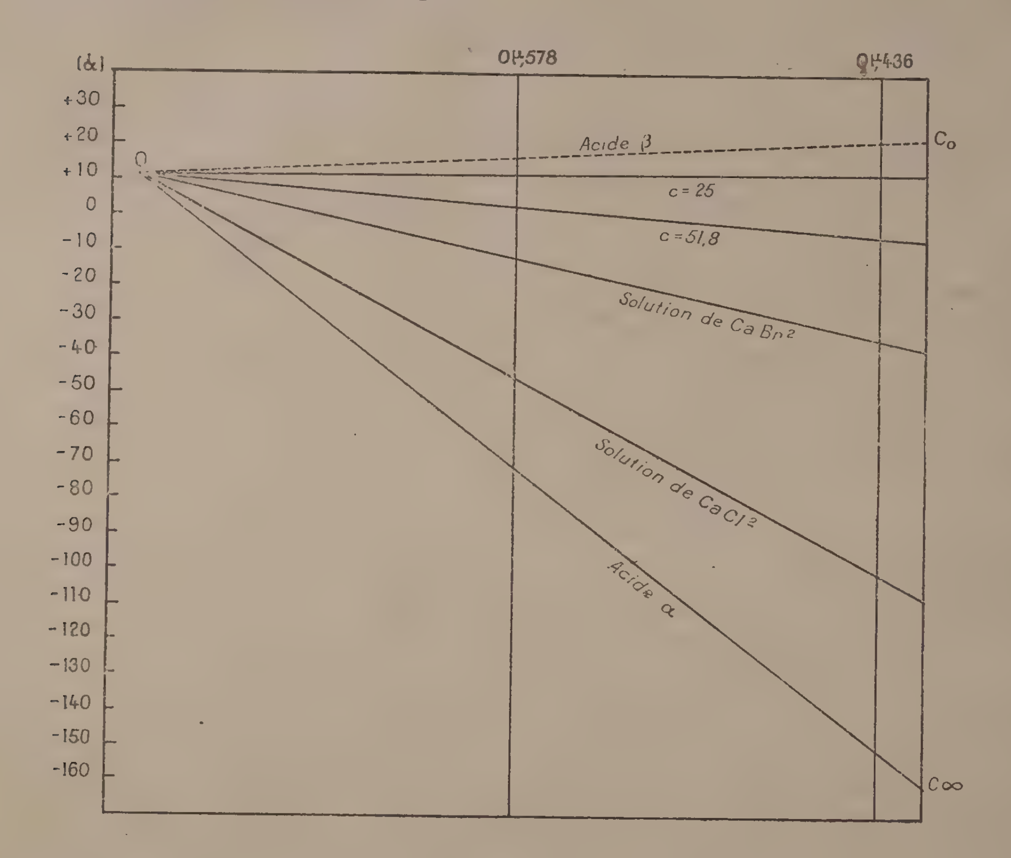
| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\lambda$............ | 650. | 600. | 578. | 550. | 546. | 500. | 480. | $436^{\mu\mu}$. |
| $\rho$.......... | $9^{\circ},1$ | $10^{\circ},3$ | $11^{\circ},2$ | $12^{\circ},6$ | $13^{\circ},0$ | $16^{\circ},9$ | $19^{\circ}$ | $24^{\circ}$ |

La dispersion rotatoire est d'allure normale, mais très forte, alors que

(1) Séance du 11 février 1924.

(2) Dufet, à qui l'on doit la découverte du pouvoir rotatoire de l'acide tartrique cristallisé, avait montré que la dispersion est normale.

pour les tartrates le rapport des rotations pour les radiations indigo et jaune du mercure (436 et 578$^{\mu\mu}$) ne dépasse pas 1,8 ce même rapport atteint 2,14 pour l'acide tartrique.




Dans un Mémoire récent sur les variations du pouvoir rotatoire de l'acide tartrique dans les solutions des sels neutres, M. de Mallemann, en traçant le diagramme rectiligne de Darmois, a montré que toutes les dispersions obtenues sont correctement représentées par un diagramme présentant un seul point de convergence, ce qui confirme l'hypothèse des deux constituants. La figure ci-dessus reproduit les droites relatives aux radiations indigo et jaune pour des solutions de différentes compositions; la droite $OC_0$ a été obtenue par extrapolation à partir des solutions aqueuses : la dispersion d'une solution infiniment diluée serait égale à 1,3, donc très différente de celle du cristal.

Au contraire, les solutions concentrées en acide et en sels neutres montrent de fortes rotations lévogyres à dispersions élevées. Lorsque la concentration augmente, le pouvoir rotatoire croît et la dispersion diminue; mais le diagramme montre que cette dispersion ne peut descendre au-dessous de 2; or, les solutions qui donnent les plus fortes déviations lévogyres, c'est-à-dire celles qui contiennent les plus fortes proportions de corps gauche, ont une dispersion égale à 2,22 : il en résulte que la dispersion du constituant gauche pur est comprise entre 2 et 2,22; elle est donc très voisine de celle de l'acide tartrique cristallisé.

De plus, si l'on trace la droite représentant la dispersion 2,14 (droite $OC_\infty$), on voit qu'elle correspond à un pouvoir rotatoire de $-70°$ pour le jaune; cette valeur est assez rapprochée des rotations les plus élevées obtenues dans les solutions concentrées en sels neutres pour qu'on puisse admettre que le corps gauche existant dans ces solutions possède la dispersion 2,14 et un pouvoir rotatoire de $-70°$.

Le constituant gauche ne serait donc ni un anhydride ni un éther interne; ce serait l'acide tartrique ordinaire, tel qu'il se trouve dans le cristal; je l'appellerai *acide tartrique* $\alpha$.

J'appellerai le corps droit *acide tartrique* $\beta$; c'est la formation de cet acide $\beta$ aux dépens de l'acide $\alpha$, par dilution ou élévation de température, qui produit les anomalies de dispersion rotatoire. Le pouvoir rotatoire moyen de cet acide en solution est d'environ $+15°$ pour le jaune, et sa dispersion est égale à 1,3.

Il serait imprudent de faire dès maintenant des hypothèses sur la masse moléculaire des formes $\alpha$ et $\beta$ de l'acide tartrique.

GÉOLOGIE. — *Sur des mouvements récents en Albanie occidentale.* Note [1] de M. **Jacques Bourcart**, présentée par M. Louis Gentil.

On sait que Suess [2], se basant sur des découvertes isolées, avait déjà décrit un *golfe tertiaire de l'Albanie*, conception élargie par M. Haug [3] en celle d'un *sillon transégéen*.

[1] Séance du 8 mars 1924.
[2] E. Suess, *Das Antlitz der Erde*, vol. 3, trad. E. de Margerie, p. 433-443.
[3] E. Haug, *Traité de Géologie*, t. 3, p. 1676.

J'avais pu suivre, dans ma Thèse de doctorat [1], la totalité des dépôts de ce sillon et j'ai montré que la mer avait subsisté jusqu'à l'époque pontienne dans un grand *synclinal*, qui se poursuivait du golfe de Volo par la vallée de la Vistrica, la Gora, la Mokra et la dépression du Mati jusqu'au lac de Scutari. La partie la plus septentrionale a encore été occupée par la mer à l'époque plaisancienne et astienne. Ce synclinal est assez étroit : il n'excède $40^{km}$ en aucun point.

Plus à l'ouest, un autre synclinal se poursuit en Albanie, d'Elbasan à l'embouchure de l'Ishmi. Il a été occupé par la mer, du Burdigalien au Sarmatien au sud et jusqu'au Pliocène au nord.

Au cours d'un voyage effectué l'été dernier, j'ai pu suivre ce synclinal et en déterminer le trajet. Il est étroitement pincé et souvent faillé suivant son axe. Il communiquait largement au nord avec l'Adriatique miocène par le golfe du Drin. Un anticlinal qui part du cap Rodoni pour se poursuivre au delà du Shkumbi en direction du Tomor, sépare ce synclinal d'un golfe néogène qui a occupé toute l'Albanie occidentale. Le synclinal de Tirana est donc plus récent que le synclinal transégéen; les dépôts qu'ils renferment, l'un et l'autre, présentent de légères différences de facies entre eux et avec ceux du golfe occidental.

J'avais déjà comparé cette disposition à celle du synclinal surplissé du Monte Promina et à celle des *canali* actuels de la Dalmatie et montré, que, comme dans la série nummulitique, les seules lacunes de stratification dans ces dépôts s'observaient sur les sommets des anticlinaux secondaires et étaient dues au jeu de mouvements d'exhaussement contemporains de la sédimentation.

En même temps que paraissait ma thèse, Nowack [2] publiait un très intéressant mémoire où il signalait, dans la série tertiaire plissée du golfe de l'Albanie occidentale, des traces de discordance sur les anticlinaux, tandis que la concordance restait parfaite dans les synclinaux. Il indiquait au sujet de Miocène ce que j'avais montré pour le Flysch de l'Albanie moyenne [3], que les sédiments grossiers, poudingues et grès, sont localisés au voisinage de la crête des anticlinaux, et il concluait comme moi à une contemporanéité de la sédimentation et des mouvements épirogéniques.

---

(1) JACQUES BOURCART, *Les confins albanais administrés par la France* (1916-1920). Paris, Delagrave; 1922.

(2) E. NOWACK, *Ueber Beeinflussung der Sedimention durch Dislokation* (*Mitt. de Geol. Ges. in Wien*, 13, Vienne, 1921, p. 81 à 95).

(3) *Les confins albanais*, p. 81.

Dans mon mémoire j'avais indiqué que les dépôts tertiaires en Albanie, particulièrement le Flysch, présentent un caractère indiscutablement néritique et contiennent même à certains niveaux des gisements de lignites avec fossiles marins. Toutefois leur puissance considérable, leur régularité de facies dans le temps, peuvent les faire comparer à des dépôts de géosynclinal. Pour emprunter l'heureuse expression de M. Depéret, à propos du bras de mer pliocène corinthien, ces synclinaux « ont été le siège d'une sédimentation continue et concordante..... elle a été concomitante d'un affaissement, de vitesse équivalente, qui a permis l'accumulation de masses épaisses de sédiments de mer toujours peu profonde » [1].

Ainsi les synclinaux albanais ont subi pendant toute la durée des temps tertiaires un mouvement d'affaissement relatif, tandis que les anticlinaux étaient le siège d'un mouvement de signe contraire. Ces mouvements, dus à un plissement continu ont eu comme résultat final une surrection générale de toute l'Albanie dont j'ai donné les preuves dans le mémoire cité plus haut (p. 118 et 119).

Un autre ordre d'observation, basé sur des phénomènes de capture des cours d'eau et d'un déplacement vers le sud de l'embouchure des fleuves côtiers albanais va nous conduire aux mêmes conclusions.

D'une manière générale, les rivières qui sortent de la zone centrale ont suivi, en pénétrant dans l'Albanie occidentale, des dépressions synclinales. Successivement des séries de captures ont ramené leur cours à être Est-Ouest, transversal par rapport aux anticlinaux qu'ils traversent par des gorges, de sorte que leurs embouchures ont été sans cesse reportées vers le Sud. Ces captures se sont poursuivies depuis l'époque miocène jusqu'à l'époque actuelle et plusieurs vont encore se produire dans un avenir très proche.

J'ai observé l'été dernier celle de la Vjusa, qui est une des plus anciennes : la rivière a suivi d'abord la dépression synclinale qui va de Premeti vers Berat, elle l'abandonne aujourd'hui pour franchir la Nemercka dans une profonde gorge. Le Devoli, primitivement affluent du Shkumbi a été capturé par le Semeni. J'ai déjà signalé que, contrairement à l'opinion de Nowack, l'ancien Arzen avait suivi autrefois le synclinal de Tirana avant de se diriger vers la mer à travers l'anticlinal.

L'étude des traces de voies romaines qu'a relevées Praschniker [2] pendant la guerre, comparée aux données des géographes anciens, montre que des captures analogues se sont produites pendant l'époque historique.

---

(1) Ch. Depéret, *Observations sur l'histoire géologique pliocène et quaternaire du golfe et de l'isthme de Corinthe* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 427).

(2) C. Praschniker, *Müzakja und Malakastra*, Vienne, 1922.

Le Shkumbi, qui a un moment suivi, très probablement pendant l'époque historique, le synclinal de Kavaja pour se jeter dans le golfe de Durazzo, franchit actuellement plus au Sud, par une gorge encaissée, l'anticlinal du cap Lagi. Le Semeni, de même, a coupé à l'époque romaine cet anticlinal beaucoup plus au Nord qu'il ne le coupe actuellement. La Vjusa a eu également à cette époque un trajet plus septentrional.

Une autre capture de la rivière de Tirana par l'Arzen menace de se produire à Vora, où j'ai observé qu'un affluent de ce fleuve a dépassé la crête et avancé de $1^{km}$ dans la vallée de la rivière.

Ces phénomènes ne peuvent s'expliquer que par un rajeunissement constant des cours d'eau conséquents descendant du flanc Est des anticlinaux. La lente surrection de ceux-ci augmente leur puissance d'érosion et leur permet ainsi de capturer les cours d'eau synclinaux.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur quelques trajectoires anormales de centres cycloniques.* Note de M. **Gabriel Guilbert.**

La trajectoire des bourrasques a fait l'objet, depuis un siècle, de fort nombreux travaux, dus aux météorologistes les plus célèbres : MM. Mascart, Teisserenc de Bort, Hildebrandsonn, Van Bebber, Rykatchef, Hahn, etc.

La trajectoire moyenne des bourrasques, à la surface du globe, est d'Ouest à Est et la cause de ce mouvement de translation est attribuée à la rotation terrestre.

La théorie paraît certes incontestable : cependant, il est certaines trajectoires anormales, observées de tous temps, qui paraissent en contradiction manifeste avec la cause invoquée.

Ces anomalies, nous croyons l'avoir remarqué, ont augmenté de fréquence depuis quelques années, notamment de 1916 à nos jours. S'agit-il ici d'un phénomène de périodicité ? Peut-être. En tout cas, nous signalons à l'Académie, par cette Note, une trajectoire des plus étranges, trajectoire typique.

Le 23 février dernier, une dépression apparaissait sur l'Islande, avec une baisse barométrique de $-11^{mm}$ en 24 heures. Le lendemain 24, ce centre dépressionnaire ayant suivi une trajectoire NW-SE, se trouvait sur la Norvège centrale, $-14^{mm}$ de variation.

Quelques heures après, le centre couvrait le Danemark : trajectoire N-S, puis le 25 février au matin, la dépression était sur la Rhénanie, $-9^{mm}$, — trajectoire NS — et le 26 février, à $7^{h}$, sur les Baléares ($-13^{mm}$) ; direc-

tion NE-SW. Enfin le 28 février, elle se dispersait sur l'Afrique du Nord.

Voici donc une dépression qu'une cause astronomique et toute puissante aurait dû diriger de l'Ouest vers l'Est (c'est-à-dire, en fait, de l'Islande à la Laponie et de la Laponie aux régions boréales de la mer Blanche), qui, défiant toute théorie et toute prévision, descend droit du N, et même du NE, jusqu'au Sud de la Méditerranée, et cela, depuis la Norvège !

C'est une autre trajectoire anormale — une dépression scandinave envahissant la Baltique, puis descendant droit sur la Tunisie — qui a été la cause immédiate de la catastrophe du *Dixmude*. La dépression du 18 décembre 1923 sur la Scandinavie, au lieu d'être entraînée par la rotation de la Terre vers les plaines de Russie, est descendue en 48 heures, à travers plusieurs chaînes de montagne, jusque vers la Tripolitaine, et cela du NNE au SSO.

C'est enfin, dans la dernière période d'hiver que nous venons de traverser, une dépression de Laponie qui, le 28 février au matin, s'était formellement dirigée, du NNE au SSW, jusqu'au Pas de Calais, amenant une chute de neige sur nos régions.

Et encore, un effroyable cyclone qui venu d'Islande, descend du NO jusque vers la mer du Nord, avec baisse le 29 février, de $-36^{mm}$ en 24 heures et de $-42^{mm}$ en 30 heures. Ce cyclone, après s'être atténué sur place, va former le surlendemain 1er mars 1924 une dépression, avec $-13^{mm}$ *sur l'Irlande*, c'est-à-dire dans une direction E-O, diamétralement opposée au sens de rotation terrestre.

Ces trajectoires anormales, sinon invraisemblables, nous paraissent demander, par leur fréquence insolite depuis plusieurs années, une révision statistique des directions cycloniques sur l'Europe. La moyenne peut-être pourra rester fixée de l'Ouest à l'Est, mais dans la pratique de la prévision du temps, il sera bon de considérer cette moyenne direction comme inopérante quant à la détermination des trajectoires cycloniques.

Le déplacement des centres de dépression dépend uniquement, comme nous l'avons montré à diverses reprises depuis 1890, de la direction et de la vitesse des courants de surface seuls, à l'exclusion de toute cause astronomique ou thermique.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le vacuome des Algues vertes adaptées à la vie aérienne.* Note de M. **A. de Puymaly**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

La faculté que possèdent les Chlorophycées aériennes de résister à de fortes dessiccations constitue le fait le plus saillant de la biologie de ces plantes. Ce fait, qui les distingue des espèces aquatiques du même groupe, est connu depuis longtemps et, dès 1886, G. Schröder cherche à évaluer cette capacité de résistance. Mais ce n'est que dans ces dernières années que les auteurs ont essayé de saisir le mécanisme intime de cette remarquable propriété physiologique.

Les premiers travaux tentés dans ce sens semblent avoir été préparés par les recherches de Fitting et par celles de Battandier sur l'écologie des Phanérogames désertiques. Si ces plantes sont capables de supporter des périodes de sécheresse fortes et prolongées elles le doivent, comme ces botanistes l'ont démontré chacun séparément en 1911, à la tension osmotique très élevée de leur suc cellulaire. Puis, M^lle^ Terby constate à son tour que les Muscinées reviviscentes possèdent également dans leurs cellules une forte tension osmotique et elle est la première à signaler le même fait chez les Chlorophycées aériennes.

Toutefois, elle ne consacre que quelques lignes à ces Algues, dont l'étude physiologique détaillée a été reprise tout récemment par M. Fritsch et son collaborateur M. Haines.

Chez ces plantes, dont les cellules présentent des dimensions minimes, la détermination de la tension osmotique à l'aide de la méthode de la plasmolyse offre de sérieuses difficultés. Non seulement la couche pariétale de leur protoplasme se montre plus ou moins perméable à certaines solutions salines, ce qui exige un choix judicieux de la substance plasmolysante employée, mais en outre il intervient toujours dans cette détermination une erreur personnelle plus ou moins grande due à la difficulté de saisir le moment précis où débute la plasmolyse. D'autre part, les divers échantillons d'une espèce ne sont pas, lors de l'expérience, dans le même état de dessiccation. Tout cela explique pourquoi les chiffres trouvés chez une même Algue par des auteurs différents ou par un seul auteur à des moments différents sont souvent si discordants. Chez le *Protococcus viridis* Ag., par exemple, la pression, d'après M^lle^ Terby, ne dépasse pas $22^{atm}$, tandis que MM. Fritsch et Haines prétendent qu'une solution de NaCl à 10 pour 100

dont la tension osmotique est supérieure à $60^{atm}$, produit une très légère plasmolyse dans quelques cellules seulement.

De même, dans un premier Mémoire, M. Fritsch écrit que les cellules du stade filamenteux de *Prasiola crispa* Menegh. sont très légèrement plasmolysées par une solution de NaCl à 5 pour 100, tandis que, dans une publication ultérieure, il déclare que pour obtenir ce résultat il faut employer une solution de sel marin à 10 pour 100. En me servant de solutions de saccharose, qui, d'après les essais de M^lle^ Terby et les miens, se montre la substance la plus favorable à ces sortes de recherches, j'ai noté, comme les auteurs précédents, des pressions très élevées : $13^{atm}$ chez *Mesotænium Braunii* de By. et chez *Mes. chlamydosporum* de By.; $17^{atm}$ chez *Zygnema peliosporum* Wittr.; $37^{atm}$ chez *Rhizoclonium riparium* Harn.; $41^{atm}$ chez *Hormidiopsis crenulata Heernig*; $75^{atm}$ chez *Trentepohlia aurea* Mart. Même en tenant compte de la petitesse des cellules mises en expérience, on a peine à concevoir que celles-ci supportent des pressions aussi fortes.

On pouvait, en tout cas, se demander si ces hautes tensions osmotiques ne seraient pas en rapport avec une structure spéciale du système vacuolaire. MM. Fritsch et Haines ont eu l'idée d'examiner ce dernier avec l'éclairage à fond noir. Or il m'a semblé que l'emploi des colorants vitaux serait mieux adapté à ce but et pourrait être avantageusement substitué à l'examen par l'éclairage à fond noir. On sait en effet, depuis les belles recherches de MM. P.-A. Dangeard et Pierre Dangeard, que, sur les plantes vivantes, le contenu des vacuoles possède vis-à-vis de certains colorants (rouge neutre, bleu de crésyl, etc.) une affinité pour ainsi dire spécifique. Grâce à cette méthode des colorations vitales, j'ai pu constater, comme MM. Fritsch et Haines l'avaient remarqué, que le vacuome des Chlorophycées aériennes est extrêmement réduit et n'offre presque jamais de grandes vacuoles comparables à celles que l'on trouve habituellement chez les espèces d'eau douce. Toutefois, ce que j'ai vu ne concorde pas parfaitement avec ce que rapportent ces auteurs. Ceux-ci déclarent qu'ils n'ont pu déceler de vacuoles ni sur des filaments vivants plus ou moins desséchés de *Zygnema ericetorum* Hansg. et d'*Hormidium flaccidum* Braun, ni sur des matériaux frais de *Prasiola crispa* et de *Pleurococcus Naegelii* Chod. Or, non seulement des vacuoles se sont montrées présentes chez toutes les espèces que j'ai examinées à l'état frais (*Prasiola crispa*, *Pleurastrum lobatum* Printz, *Stichococcus bacillaris* Näg., etc.), mais des vacuoles ont été retrouvées sur des filaments de *Prasiola* et d'*Hormidium* qui avaient été conservés à sec pendant près d'un mois au laboratoire.

Ces vacuoles, généralement sphériques, offrent chez une même espèce des caractères assez constants et notamment une grande uniformité dans leur distribution. Ainsi, dans les cellules de *Prasiola crispa* elles sont au nombre de 6 à 15, ponctiformes, d'un diamètre de de $0^{\mu},5$ à $2^{\mu}$ et se trouvent situées à la périphérie de la cellule en particulier de chaque côté des cloisons transversales où elles forment une traînée assez distincte. Chez *Hormidium flaccidum*, on en compte habituellement deux, une à chaque pôle de la cellule et leur diamètre, généralement plus grand que dans l'exemple précédent, oscille le plus souvent entre $2^{\mu},5$ et $4^{\mu}$.

La teinte prise par les vacuoles au contact du colorant est nettement métachromatique : le rouge neutre les colore en rouge brique ou rouge orangé et le bleu de crésyl en bleu violacé, ce qui indique une réaction légèrement alcaline du contenu vacuolaire. De plus cette coloration est ordinairement très intense tandis que, dans les mêmes conditions, le suc cellulaire des Chlorophycées d'eau douce prend une teinte plus pâle.

En résumé, les cellules des Algues vertes aériennes, au lieu de contenir de grandes vacuoles, très riches en eau, comme cela se voit chez les espèces d'eau douce, renferment en général un protoplasme très dense, dans lequel sont plongées de petites vacuoles sphériques où la métachromatine est abondante, Ainsi s'expliqueraient la haute tension osmotique observée dans les cellules de ces plantes et la faculté qu'elles possèdent de résister à des périodes de dessiccation parfois intenses et prolongées.

Des dessins et de plus amples renseignements sur cette question figureront dans un prochain Mémoire.

CHIMIE AGRICOLE. — *Modifications subies par la terre végétale séchée à l'air.* Note [1] de M. A. **Lebediantzeff**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

1. La dessiccation des sols à l'air libre [2] entraîne pour ce sol des modifications chimiques et bactériologiques, comme il ressort de l'analyse de trois échantillons provenant de la station agronomique de Chatilovskaia, analyse faite par nous en 1920.

---

(1) Séance du 25 février 1924.
(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 793.

I. — *Matières extraites par kilogramme de terre absolument sèche (après digestion de la terre pendant une demi-heure avec cinq fois son poids de dissolvant, compte tenu de son humidité initiale).*

| Dissolvant. | Terre d'un assolement triennal. Couche de 0 à 20cm non séchée. | séchée. | Couche de 20 à 40cm non séchée. | séchée. | Friche. Couche de 0 à 20cm non séchée. | séchée. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Total des substances minérales.* | | | | | | |
| | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| Eau | 235 | 200 | 110 | 175 | 165 | 170 |
| Acide acétique 2 % | 3260 | 3650 | 2860 | 3470 | 3080 | 3760 |
| Acide oxalique 0,5 % | 2620 | 2520 | 2870 | 3220 | 2140 | 1670 |
| Acide azotique 1 % | 14090 | 14160 | 13250 | 12640 | 13040 | 13340 |
| *Total des matières organiques.* | | | | | | |
| Eau | 36 | 120 | 0 | 444 | 51 | 301 |
| Acide azotique 1 % | 460 | 596 | 1172 | 1698 | 957 | 1086 |
| *Azote (Kjeldahl).* | | | | | | |
| Eau | 14,5 | 16,7 | 8,5 | 38,1 | 7,2 | 23,3 |
| Acide acétique 2 % | 34,2 | 36,3 | 10,6 | 51,0 | 17,3 | 24,8 |
| Acide oxalique 0,5 % | 50,1 | 51,7 | 25,9 | 64,3 | 18,8 | 35,4 |
| *Acide phosphorique ($P^2O^5$).* | | | | | | |
| Eau | 1,2 | 2,5 | 0,7 | 4,7 | 0,6 | 7,2 |
| Acide acétique 2 % | 2,6 | 4,6 | 3,0 | 7,0 | 2,3 | 6,0 |
| Acide oxalique 0,5 % | 59,1 | 57,9 | 71,6 | 73,7 | 37,9 | 37,7 |
| Acide azotique 1 % | 39,7 | 41,1 | 41,4 | 41,9 | 22,5 | 29,4 |
| *Azote ammoniacal.* | | | | | | |
| Méthode Schlœsing (¹) | 0 | 14,3 | 1,0 | 14,6 | 0,21 | 24,3 |
| Méthode Boussingault (²) | 61,4 | 93,9 | 38,5 | 64,0 | 75,8 | 88,5 |
| *Millions de bactéries pour 1g de terre.* | | | | | | |
| Culture sur albumine-agar (Percy Brown) | 1,650 | 0,380 | 0,920 | 0,201 | 1,955 | 0,702 |

La dessiccation préalable du sol a produit dans les dissolutions : un grand enrichissement en matières organiques, en azote total (Kjeldahl), en azote ammoniacal; une augmentation parfois notable du phosphore et insignifiante des substances minérales; une brusque diminution des micro-organismes. Toutes ces modifications rappellent celles qu'on observe ordinairement lors de la stérilisation partielle du sol.

(¹) Distillation, avec un excès de MgO, du liquide acidulé par HCl avec lequel la terre a été lavée.

(²) Distillation du mélange d'eau et de terre avec MgO.

2. L'expérience suivante a été faite, en 1920, pour déterminer l'influence de divers facteurs pouvant agir sur la terre lors de sa dessiccation à l'air libre : action de l'oxygène de l'air, perte d'eau, échauffement par le soleil, action de la lumière. Un échantillon de sol humide, pris dans un champ, a été divisé en plusieurs lots, qu'on a conservés pendant 10 jours dans des conditions variées, indiquées dans le Tableau II. La conservation à l'abri de l'air s'obtenait en mettant l'échantillon dans des ballons fermés par des bouchons; la conservation à l'air sans dessiccation, en étendant la terre en couche mince, qu'on arrosait de manière à maintenir l'humidité primitive. Des pots remplis avec ces différents lots ont été ensemencés de millet (10 plantes par pot, humidité constante de la terre 33 pour 100) et ont donné les rendements suivants (poids total en grammes par pot) :

II. — A, *assolement triennal, couche entre* 20 *et* 40cm ; B, *friche, couche entre* 0 *et* 20cm.

| | Obscurité $t° = 20°$. | Obscurité $t° = 40°$. | Lumière diffuse $t° = 25°$. | Lumière soleil directe $t° = 29°$. |
|---|---|---|---|---|
| *Sans air et sans dessiccation.* | | | | |
| A | » | 2,4 | 1,4 | 1,2 |
| B | 1,5 | 4,3 | 1,4 | 2,0 |
| *A l'air sans dessiccation.* | | | | |
| A | 1,5 | 2,2 | 1,1 | 1,4 |
| B | 1,4 | 3,0 | 1,0 | 1,6 |
| *A l'air avec dessiccation.* | | | | |
| A | 2,8 | 4,9 | 2,9 | 2,1 |
| B | 1,8 | 4,7 | 2,4 | 2,0 |

Prenons les différences (pour 100) des chiffres deux à deux comparables de ce Tableau II et inscrivons les moyennes de ces différences dans un Tableau III; ces moyennes mettent en évidence l'influence des quatre facteurs étudiés.

III. — *Excédents de rendement pour* 100.

| | Assolement triennal. | Friche. |
|---|---|---|
| Action de l'oxygène | — 4,4 | — 21 |
| Perte de l'eau | +106 | + 62 |
| Échauffement | + 61 | +154 |
| Lumière | — 27 | — 33 |

L'oxygène et la lumière n'ont pas eu d'action positive, la perte d'eau et l'échauffement ont agi très nettement. Nous devons donc regarder l'accroissement de fertilité dont bénéficie le sol à la suite de sa dessiccation à l'air

comme dû à des transformations d'ordre chimique et biologique résultant de la perte d'eau et de l'échauffement par les rayons solaires.

PHYSIOLOGIE. — *Le problème alimentaire envisagé au point de vue des rapports existant entre les substances élémentaires fondamentales et les substances énergétiques*. Note [1] de Mme **L. Randoin** et M. **H. Simonnet**, présentée par M. E. Leclainche.

Dans une Note antérieure [2], nous avons attiré l'attention, d'abord sur la nécessité de tenir compte, dans la constitution des régimes, de l'utilisation digestive des divers principes alimentaires et ensuite sur la notion que la grandeur du besoin en facteur B est relative et en rapport direct avec la quantité des sucres pénétrant chaque jour dans l'économie.

Nous avons poursuivi de nouvelles recherches qui, rapprochées de certains faits empruntés à la littérature scientifique, nous entraînent à envisager le problème alimentaire, non plus à un point de vue quantitatif d'une part, et à un point de vue qualitatif d'autre part; mais, au contraire, au point de vue des *rapports* qu'il peut y avoir entre les *substances énergétiques* et la faible masse de matériaux non énergétiques que nous avons appelés *substances élémentaires fondamentales* [corps spécifiquement indispensables, comprenant des *substances systatiques* [3] *exogènes* et des *substances* dites *catalytiques*].

La nécessité de rapports convenables entre les divers principes fondamentaux ayant été reconnue, on cherche actuellement à associer tous ces corps en proportions optima et aussi *fixes* que possible pour constituer des régimes complets et bien équilibrés; on pense qu'au contraire les proportions des substances énergétiques *peuvent varier dans des limites très étendues*, selon le principe de l'isodynamie.

Isodynamie et substances élémentaires fondamentales. — Nous savons que l'isodynamie est légèrement limitée par la nécessité d'un minimum d'acides aminés indispensables et peut-être d'un minimum de graisses et d'hydrates de carbone (Bierry et Desgrez).

N'est-elle pas limitée d'une manière beaucoup plus étroite par les variations quantitatives de divers principes fondamentaux : certains éléments minéraux, certaines vitamines, etc.? En d'autres termes, peut-on aug-

---

(1) Séance du 3 mars 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 903.

(3) συστατικός constitutif.

menter ou diminuer les proportions des substances énergétiques sans faire varier en même temps une ou plusieurs substances non énergétiques?

En ce qui concerne les glucides et le facteur B, nous pouvons répondre : non. Il est certain que la vitamine B joue un rôle dans le métabolisme des hydrates de carbone. Nous pensons qu'on réussira à saisir d'autres rapports du même genre.

Nous dépassons ainsi la notion classique des « minima » indispensables pour arriver à celle d'un équilibre alimentaire (avec une valeur énergétique suffisante) qui tient compte, non seulement de proportions convenables entre diverses substances élémentaires fondamentales, mais encore de rapports déterminés entre ces dernières et les substances énergétiques.

Équilibre alimentaire et facteur B. — La notion de « *ration équilibrée* », modifiée et étendue ainsi, conduit à imaginer, pour un même animal, plusieurs types de nutrition différents, plusieurs états d'équilibre alimentaire.

C'est ce que nous avons nous-mêmes essayé de vérifier sur le Pigeon adulte avec des régimes naturels (blé, millet, chènevis) et avec des régimes artificiels comprenant, pour 100$^g$ : 16$^g$ de protides, 4$^g$ de graisse de beurre, 66$^g$ de glucides, 10$^g$ de cellulose et 4$^g$ de mélange de sels; la ration journalière étant (ou n'étant pas) complétée par de l'extrait de levure (source de facteur B).

*Régimes artificiels complets.* — En faisant simplement varier la nature du glucide, on peut faire varier en même temps la quantité de sucre réellement introduite dans l'économie.

*a.* Si le régime artificiel est à base de fécule crue, il est *pratiquement pauvre en glucides*, car l'analyse des excréments et la détermination du Q. R. (0,8) prouvent que l'utilisation digestive de la fécule crue est très médiocre. Une ration de 35$^g$ par jour, complétée par 0$^g$,15 d'extrait de levure, maintient l'animal en équilibre de poids et de température.

*b.* Si le régime est à base de dextrine ou de glucose, — substances bien absorbées cette fois —, il se trouve, et pratiquement et théoriquement, *riche en glucides*. 20$^g$ de cette ration suffisent alors pour assurer l'équilibre de poids; mais, dans ces conditions, l'équilibre de température n'est pas obtenu. Pour maintenir l'animal en bonne santé et améliorer la thermogénèse, il importe de fournir une dose quotidienne d'extrait de levure plus forte que la précédente.

Il y a là deux équilibres alimentaires bien différents, tous deux compatibles avec le bon fonctionnement de l'organisme.

*Régimes artificiels déséquilibrés par insuffisance de facteur* B. — D'autre part, nos expériences ont prouvé que si, de ces régimes artificiels complets, on retire une certaine proportion de facteur B, la ration ainsi déséquilibrée

est d'autant plus défectueuse qu'elle renferme plus de glucides susceptibles d'être digérés et absorbés.

*Régimes artificiels déséquilibrés par suppression totale de facteur* B :

Ce dernier fait s'accentue lorsqu'on élimine la totalité du facteur B. Avec nos rations à base de dextrine ou de glucose (20$^g$ par jour, comprenant 13$^g$,3 de dextrine [1] ou de glucose), l'apparition des crises de polynévrite, suivie de la mort, a lieu vers le 25$^e$ jour, tandis qu'avec nos très fortes rations à base de fécule (75$^g$) — lesquelles fournissent chaque jour 12$^g$ de protides et 3$^g$ de lipides pouvant, à eux seuls, faire face aux besoins énergétiques — les crises se produisent toujours beaucoup plus tard (3$^e$-4$^e$ mois), ce qui semble bien en relation avec le fait que la fécule est extrêmement peu utilisée (Q. R. : 0,7 seulement).

Ainsi, pour le Pigeon privé de facteur B, l'équilibre alimentaire qui résulte de l'absorption journalière de 20$^g$ de la ration à base de dextrine (soit 13$^g$,3 *de dextrine*, 3$^g$,2 *de protides*, 0$^g$,8 *de lipides*, 0$^g$,8 *de sels*) est beaucoup plus défectueux que celui qui se trouve réalisé avec les 75$^g$ de la seconde ration (comprenant, outre la fécule, très peu utilisée, 12$^g$ *de protides*, 3$^g$ *de lipides et* 3$^g$ *de sels* par jour); ce dernier représenterait, par conséquent, une condition très favorable, une sorte de « procédé de résistance » particulièrement efficace pour lutter contre les effets du déséquilibre primordial résultant du manque de vitamine B et, en particulier, contre les accidents de la polynévrite.

Conclusions. — Le rapport nécessaire $\frac{\text{facteur B}}{\text{glucides}}$, *dont il importe de tenir compte dans l'application du principe de l'isodynamie*, doit avoir une certaine valeur *optima*. Il semble pouvoir augmenter sans inconvénient; autrement dit, un excès de facteur B ne serait pas nuisible. Mais la valeur de ce rapport ne peut diminuer sans dommage pour l'organisme.

La notion de «*ration équilibrée* », ainsi transformée et étendue, prend une nouvelle signification qui permet de concevoir, pour une même espèce animale, plusieurs états d'équilibre alimentaire compatibles avec le bon fonctionnement de l'économie.

---

[1] Dans notre dernière Note (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 904), il a été indiqué dans le texte, par suite d'une confusion : 20$^g$ de dextrine par jour, soit 30$^g$ d'aliments; ce qui représenterait une valeur énergétique très supérieure à la valeur théorique dont nous voulions nous rapprocher. Les quantités réelles, — que nous avons constamment employées et qu'il est d'ailleurs à peu près impossible de dépasser —, soit 20$^g$ *de ration totale, renfermant* 13$^g$ *de dextrine*, correspondent à 73 calories et l'on sait que les besoins énergétiques sont satisfaits chez le Pigeon avec 70 calories par jour. Le graphique annexé à cette précédente Note indique bien d'ailleurs : ration 20$^g$, dextrine (ou glucose).

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *La question du minimum d'énergie dans l'excitation lumineuse de la rétine par éclats brefs.* Note de M. **Henri Piéron**, présentée par M. Henneguy.

MM. Blondel et Rey, qui ont établi une loi linéaire reliant à la durée des excitations les énergies lumineuses susceptibles d'engendrer une sensation, loi que Hoorweg a reconnue comme étant identique à sa propre loi reliant la quantité d'électricité liminaire à la durée de la décharge dans l'excitation des nerfs ([1]), viennent de contester la limitation que j'avais apportée à cette loi pour les très courtes durées ([2]).

Non seulement, d'après mes résultats expérimentaux, il existe en effet une durée maxima, limite de sommation, au delà de laquelle la loi n'est plus valable, mais en outre, au-dessous d'une certaine durée brève, loin de diminuer encore, l'énergie liminaire croît, cette ascension de la courbe apparaissant, pour les bâtonnets, généralement en jeu avec la lumière blanche quand la fixation fovéale n'est pas strictement assurée, au-dessous du millième de seconde.

Or, aux environs de cette durée, MM. Blondel et Rey n'ont pas trouvé de différence systématique dans la visibilité d'éclats, dont la durée allait à peu près de 1 à 4, mais qui correspondaient à une même quantité totale d'excitation lumineuse (produit constant de l'intensité par le temps). Et ils ne comprendraient pas, disent-ils, qu'il puisse y avoir une augmentation de l'énergie liminaire aux temps très courts, l'« inertie » de la rétine (que je n'ai nullement invoquée, comme ils paraissent me le faire dire) se manifestant suffisamment par l'existence de la constante représentant le taux limite de l'énergie pour une durée nulle.

Or, théoriquement, à côté de la perte d'énergie qui se constate au fur et à mesure que dure l'excitation (et répondant sans doute à la nécessité de compenser un processus antagoniste, comme Weiss l'a admis pour l'excitation électrique du nerf), on peut fort bien comprendre que les intensités très grandes, nécessaires pour compenser les très brèves durées, correspondent à un flux d'énergie excessif, dépassant la capacité de transformation immédiate de l'appareil récepteur.

De fait, si l'on envisage, dans l'excitation des nerfs, non la quantité d'électricité ($it$) mais l'énergie ($v.i.t$), on sait — les résultats de Hoorweg, de

---

([1]) Cette loi, retrouvée indépendamment par Weiss, au moyen d'une méthode différente, est du type connu $it = a + bt$.

([2]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 276.

Weiss, de Lapicque et ses élèves sont concordants à cet égard — qu'il existe une durée optima d'excitation, un minimum d'énergie : aux temps très courts, l'énergie liminaire remonte.

Envisageons d'autre part les phénomènes photochimiques : A l'encontre de la loi de Bunsen-Roscœ, on sait depuis longtemps (Schwarzchild) que, si l'on augmente la durée d'exposition, la quantité de lumière nécessaire pour engendrer un effet photographique défini augmente aussi; mais, en outre, comme cela résultait déjà du travail de Sheppard et Mees en 1907, d'après les récentes et précises recherches de Lloyd A. Jones et Emery Hase, on peut affirmer l'existence d'un minimum d'énergie pour des intensités et des durées convenables : avec des intensités très grandes, compensant de brèves durées, l'effet photographique dû à une certaine quantité de lumière est moindre que pour des durées un peu plus longues; pour les durées plus longues encore, l'effet recommence à diminuer, proportionnellement à leur allongement.

Pour la réception visuelle, qui implique un processus photochimique suivi d'une excitation du nerf, il serait donc très étonnant que la loi de l'optimum de durée ne fût pas valable.

Bien avant mes recherches et celles même de de MM. Blondel et Rey, Grijns et Noyons, au laboratoire de Zwaardemaker, ont trouvé que la quantité d'énergie liminaire augmentait quand la durée d'excitation devenait inférieure à 1 σ, et passait par un minimum.

Depuis la publication de mes résultats, j'ai pris connaissance d'un travail de Prentice Reeves [1], dont les chiffres (relatifs aux seuils en millilamberts $\times 10^{-8}$ en fonction des durées) permettent de dessiner une courbe des quantités identique à celle que j'ai trouvée moi-même pour l'excitation des cônes :

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *t* (σ)...... | 1000 | 500 | 250 | 160 | 34 | 20 | 11 | 6 | 2 |
| *it*........ | 262 | 177 | 128 | 113 | 41,7 | 47,8 | 49,0 | 58,5 | 72,5 |

Y a-t-il, dans toutes ces recherches [2] comme dans les miennes, la cause d'erreur invoquée par MM. Blondel et Rey? Avec emploi d'une fente de tachistoscope trop étroite, il y aurait une réduction de l'intensité efficace dont il n'est pas tenu compte pour le calcul du produit *it*.

Mais je m'étais préoccupé de cette cause d'erreur, et, ayant fait des

(1) Cf. *Astrophysical Journal*, t. 47, 1918, p. 141-145. L'auteur ne donne malheureusement pas de renseignements techniques sur sa méthode.

(2) On peut encore citer, à cet égard, l'étude de V. Henri, sur l'irradiation ultraviolette des *Cyclops*, pour laquelle s'est nettement manifestée une durée optima avec minimum d'énergie.

recherches avec des surfaces différentes d'excitation [1], j'ai trouvé, à l'opposé de ce qui aurait dû résulter du jeu même de cette cause d'erreur, le minimum d'énergie pour des durées plus longues avec des surfaces plus petites. Et, dans des conditions identiques, le minimum d'énergie se rencontre pour une durée plus brève dans l'excitation des bâtonnets que dans celle des cônes.

D'autre part, dans les recherches de MM. Blondel et Rey, où est utilisé un éclat punctiforme (surface circulaire de $0^{mm},1$ à $0^{mm},5$ de diamètre à environ $1^{m},50$) pouvant être réduit à 15″ d'angle, intervient une cause d'erreur importante. Le diamètre minimum des éléments récepteurs étant de 30 à 45″, les changements inévitables de projection de l'éclat sur la rétine entraînent des variations énormes de visibilité [2]. Il n'est pas étonnant, dès lors, que les variations fortuites d'observateurs inégalement exercés, dans des conditions d'éclairement d'ailleurs insuffisamment définies, et avec une fixation peu rigoureuse, puissent masquer des variations systématiques non considérables. Et l'échec ne peut être retenu définitivement à l'encontre de l'existence d'un minimum d'énergie, que j'ai encore vérifiée dans une série d'expériences nouvelles, avec des éclats linéaires horizontaux, d'épaisseur presque négligeable, vis-à-vis de l'ouverture de la fente du tachistoscope (15 fois plus grande, au minimum), mais assez étendue pour exciter toujours plusieurs éléments rétiniens.

Toutefois, il est certain que l'augmentation d'énergie pour les durées très brèves apparaîtra avec plus de certitude lorsqu'on pourra procéder à des déterminations correctes, en employant des durées de l'ordre du millionième de seconde, ce qui offre des difficultés techniques réelles, non insurmontables toutefois.

ENTOMOLOGIE. — *Des conditions de la locomotion aérienne chez les Insectes.* Note de M. **Jousset de Bellesme**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Lorsqu'en 1878 je présentai à l'Académie des Sciences les résultats des expériences que j'avais réalisées sur le vol des Insectes, je m'étais attaché surtout à déterminer le rôle que joue ce petit organe des Diptères que l'on nomme balancier. A l'aide de méthodes très rigoureuses je parvins à déduire de ces recherches les principes qui régissent toute locomotion aérienne. La

(1) *C. R. Soc. de Biol.*, t. 84, 1920, p. 1072-1075.

(2) En outre, en l'absence de verres, l'instabilité accommodative en vision prolongée entraîne une diffusion très variable des éclats punctiformes.

condition essentielle d'équilibre est sous la dépendance des relations réciproques du centre de gravité de tout appareil volant avec son axe de sustentation.

Depuis lors j'ai complété cette étude en analysant les différentes manières dont cette condition se trouve réalisée dans les diverses classes d'Insectes.

J'ai pu vérifier que les données établies pour les Diptères s'appliquaient d'une manière générale aux autres insectes. Seul le mécanisme au moyen duquel les rapports entre ces deux éléments primordiaux de stabilité diffèrent.

Dans l'ordre des Hyménoptères la course des ailes, en avant et en arrière, s'effectue en toute liberté; par conséquent, l'axe de sustentation est fixe. C'est le centre de gravité qui est mobile. L'insecte peut le déplacer facilement grâce aux mouvements étendus qu'il fait exécuter à son abdomen, il ramène de la sorte son centre de gravité en avant ou en arrière de l'axe de sustentation suivant qu'il veut obtenir les allures ascendantes ou descendantes.

Dans l'ordre des Coléoptères un mécanisme assez curieux sert à obtenir le même résultat. Chez les uns les élytres restent relevées dans le vol, comme chez le Lucane, tandis que chez d'autres, comme les Cétoines, les élytres sont presque rabattues sur l'abdomen. Au moment où le vol va commencer, celles-ci se soulèvent pour permettre à l'aile de se déployer, mais aussitôt elles s'abaissent; une échancrure allongée sur le bord externe de l'élytre permet au moignon de l'aile d'agir en liberté et de donner à celle-ci une grande envergure. L'élytre, en s'abaissant plus ou moins, modère la course de l'aile en avant ou en arrière. Elle agit ainsi d'une manière analogue au balancier des Diptères, en avançant ou en reculant l'axe de sustentation. Le centre de gravité est fixe, l'abdomen de ces insectes étant gros et peu flexible.

Dans l'ordre des Névroptères nous retrouvons le même mécanisme que chez les Hyménoptères. L'axe de sustentation est fixe, mais l'abdomen long et flexible permet les déplacements faciles du centre de gravité.

Les Lépidoptères ont un vol assez spécial, plus difficile à analyser. Chez eux, l'abdomen est flexible et les ailes vibrent librement. Je me suis assuré par des expériences que le frein de l'aile qui existe chez un certain nombre d'entre eux ne joue aucun rôle dans le vol, cet organe paraît être utilisé par l'insecte au moment du déplissement de l'aile.

Un vol du plus haut intérêt est celui que présentent les Orthoptères. On ne peut pas dire, à proprement parler, que ces insectes volent. Ils s'élancent

en l'air au moyen de leurs longues pattes d'arrière, exécutent quelques battements d'aile, puis vont se poser à quelque distance en donnant le plus bel exemple qu'on puisse voir de vol plané. Si l'on a vu quelquefois de ces grands orthoptères d'Afrique traverser la Méditerranée, c'est qu'ils sont portés littéralement par le vent violent du sirocco, et tombent sur le littoral avec la violence d'un corps étranger. A Marseille, plusieurs fois, en compagnie de mon ami Lespès, nous reçûmes ainsi de ces grandes sauterelles qui nous firent l'effet d'un projectile. Elles tombaient à terre, incapables de reprendre leur vol.

Ces recherches établissent que chez tous les insectes, mais par des mécanismes variés, l'équilibre dans la locomotion aérienne, ainsi que les allures, sont obtenus par la position réciproque des deux centres de sustentation et de gravité. La stabilité est due à ce que l'animal ramène constamment ce dernier au-dessous du premier.

ZOOLOGIE. — *Les Salmonidés du Maroc.* Note de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Par leur beauté, par leur valeur alimentaire, aussi bien que par l'intérêt de leur pêche, les Salmonidés sont des Poissons dignes d'attirer l'attention. Leur répartition à la surface du globe, si l'on en excepte les formes marines abyssales, correspond à peu près exactement à la zone septentrionale distinguée par A. Günther dans sa distribution générale des Poissons et comprend à la fois la région paléarctique europo-asiatique et la région nord américaine. Aussi la présence de Salmonidés dans le nord-ouest de l'Afrique, où cependant, comme je l'ai montré ([1]), existent aussi quelques types nettement éthiopiens, est un des éléments caractéristiques qui donne à la Berbérie un faciès surtout paléarctique.

Jusqu'en ces derniers temps la seule espèce de la famille connue en Afrique du Nord était une forme très voisine de notre Truite indigène, la Truite à grandes taches (*Salmo trutta* L., var. *macrostigma* A. Duméril), décrite en 1858, d'après un spécimen pris dans l'oued Abaïch (département de Constantine). Connue des torrents montagneux de la Kabylie, cette Truite a été retrouvée en plusieurs points du Maroc. C'est ainsi que le British Muséum en a reçu des spécimens des environs de Tétouan et de la presqu'île de

([1]) J. Pellegrin, *Sur la faune ichtyologique des eaux douces du Maroc* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 809), et *Nouvelle contribution à la faune ichtyologique des eaux douces du Maroc* (*Ibid.*, t. 176, 1923, p. 787).

Tanger et que le Muséum de Paris en possède envoyés de l'oued Tigrigra, à Azrou, par C. Alluaud, et de l'oued Outat, affluent de la Haute-Moulouya, par le Dr Nain. Elle paraît abondante dans les torrents du Gand et Moyen-Atlas, surtout dans ceux du bassin de la Moulouya.

En dehors de la Truite à grandes taches, il existerait une autre forme caractérisée par sa coloration très pâle et ses fortes dimensions. Je n'en ai eu jusqu'ici connaissance que par une photographie communiquée par le lieutenant Joyeux. Il s'agit d'un exemplaire d'une soixantaine de centimètres de longueur, pêché dans l'oued Melloulou, tributaire de la Moulouya, et qui paraît devoir être rapproché de la grande Truite du Rhône récemment étudiée par le professeur Roule.

Mais un nouveau type tout à fait remarquable doit être signalé aujourd'hui. M. P. Pallary, en effet, a recueilli dans un lac permanent du Moyen-Atlas marocain, l'aguelman Sidi Ali ou Mohamed (altitude 2230$^{m}$), situé encore, il y a trois ans à peine, en pleine zone dissidente, et par conséquent vierge jusqu'ici de toute exploration ichtyologique, une vingtaine de Salmonidés dont j'ai pu examiner deux spécimens femelles, voisins de l'état adulte, et mesurant 230 et 257$^{mm}$ de longueur. Ces Poissons paraissent être abondants en ce lieu; on les pêche la nuit, au moment où la température descend très bas, même en été. Je dédie volontiers cette forme nouvelle pour la science au voyageur qui l'a récoltée.

Le *Salmo Pallaryi* nov. sp. est caractérisé par la grandeur de son œil, contenu 3 fois $\frac{2}{3}$ à 4 fois seulement dans la longueur de la tête, la brièveté du maxillaire qui n'atteint pas en arrière l'aplomb du bord postérieur de l'œil, la présence de quelques dents sur le corps du vomer, la petitesse des écailles au nombre de 150 à 160 en ligne longitudinale, $\frac{25\text{-}26}{35\text{-}40}$ en ligne transversale, 16 à 18 entre l'adipeuse et la ligne latérale. La livrée est foncée, sans grandes taches [1].

Les dimensions de l'œil de cette forme macrophtalme lui sont tout à fait spéciales; l'existence de dents sur le corps du vomer est un caractère qu'on retrouve chez les Truites, mais la petitesse de l'écaillure, l'aspect général rapprochent surtout ce Poisson du sous-genre *Salvelinus* communément désigné sous le nom de « Charr » par les Anglais, groupe très plastique et qui comprend un grand nombre d'espèces ou variétés des eaux froides des régions élevées de l'Europe centrale ou des îles septentrionales et du nord de l'Ancien et du Nouveau Continent. En France le type bien connu en est l'Omble Chevalier des lacs de Genève et du Bourget, et de nos rivières des Vosges ou du Jura.

---

[1] Cette espèce sera décrite plus en détail dans un autre Recueil.

L'espèce signalée ici est donc une forme relicte, sans doute aujourd'hui étroitement localisée dans un lac élevé du Moyen-Atlas où elle s'est différenciée par ségrégation et dont les types les plus voisins, aussi bien au point de vue anatomique que géographique, ne se retrouvent que dans les Alpes françaises.

La découverte au Maroc de ce Salmonidé à affinités nettement septentrionales présente un grand intérêt, car elle montre, une fois de plus, l'importance des apports paléarctiques dans la constitution de la faune de l'Afrique du Nord.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le pouvoir oxydant des noyaux de l'épithélium des canalicules rénaux de* Perca fluviatilis *L.* Note de M. **Maurice Manquat**, présentée par M. Henneguy.

Ehrlich [1] a formulé ce principe : Le tissu animal possède, quand il est vivant, un fort pouvoir réducteur que la mort développe d'ailleurs au plus haut point.

Quelques auteurs ont pourtant prétendu que le noyau est l'élément respiratoire de la cellule. Ainsi, Spitzer [2], parce qu'il avait pu extraire de tissus des substances nucléoprotéidiques activant l'oxygénation des cellules en agissant comme agents catalyseurs; J. Loeb [3], qui concluait des expériences du précédent que, si les fragments sans noyaux de cellules ne régénèrent pas, c'est parce que l'absence de noyaux les prive d'oxygène. Fischel [4], qui arrivait à des conclusions identiques en utilisant comme réactifs la benzidine et la toluidine; Unna [5], qui en lavant à l'eau des tissus préalablement plongés dans le blanc de rongalite (leucodérivé du bleu méthylène) pour enlever la rongalite en excès, voyait les noyaux bleuir et par conséquent oxyder le réactif; Osterhout [6], qui, opérant sur une plante, *Monotropa uniflora*, apercevait le noircissement du noyau à la suite de lésions cellulaires, par le jeu d'un chromogène incolore.

---

(1) Ehrlich, *Das Sauerstoffbedürfniss des Organismus* (Berlin, 1885).

(2) Spitzer, *Die Bedeutung gewisser Nucleoproteide für die oxydative Leistung der Zelle* (*Arch. f. ges. Physiol.*, t. 67, 1897, p. 615-656).

(3) J. Loeb, *Warum ist die Regeneration kernloser Protoplasmastücke unmöglich oder erschwert?* (*Arch. f. Entwickln.*, t. 8, 1899, p. 689).

(4) Fischel, *Die mikrochemische Nachweiss der Peroxydase und Pseudoperoxydase in tierischen Geweben* (*Arch. f. mikr. Anat.*, t. 83, 1913, p. 130).

(5) Unna, *Die Reduktionsorte und Sauerstoffsorte der tierischen Gewebes* (*Arch. f. mikr. Anat.*, t. 78, *Fetschrift f. W. Waldeyer*, 1911, p. 1-73).

(6) Osterhout, *The role of the nucleus in oxydation* (*Science*, 1917, p. 367).

Mais les expériences de ces auteurs ont été contestées. Oelze, en particulier, a montré que les colorations obtenues par Unna et ses élèves avaient une cause fortuite indépendante de l'oxydation du noyau, puisque le bleuissement de celui-ci était dû au contact de l'oxygène de l'eau et ne constituait qu'un phénomène accidentel d'adsorption sans rapport avec le chimisme intime des cellules considérées. De Stœcklin fit voir, de son côté, contre Fischel, que l'action de la benzidine était un phénomène du même genre conditionné par un excès de $H^2O^2$ qui tue la cellule. Il est d'ailleurs probable que le noircissement des cellules mutilées de Osterhout a la même origine.

Aussi bien, les seuls résultats qui comptent en pareille matière sont ceux que l'on obtient sur des cellules *vivantes*. Or, tous s'inscrivent, de l'avis des auteurs, en faveur d'un pouvoir réducteur du noyau.

Prowazek a montré que le noyau des Paramécies ne se colore pas en rouge vif sous l'action du rouge neutre réduit; et Verworn [1], en comparant des fragments nucléés et anucléés de l'Infusoire *Bursaria truncatella*, a constaté que leur force de résistance à l'asphyxie est égale, ce qui prouve que le noyau est inerte au point de vue respiratoire : il n'est donc pas oxydant.

D'où il suit que le principe d'Ehrlich ci-dessus énoncé semble avoir conservé toute sa valeur.

Nous signalerons pourtant une exception assez curieuse à cette règle tenue pour générale : le bleuissement des noyaux de l'épithélium des canalicules rénaux de la Perche (*Perca fluviatilis* L.) sous l'action du carmin d'indigo (sulfo-indigotate de sodium); on sait que ce corps, sous l'action des réducteurs, donne un leuco incolore, réversible.

Lorsqu'on injecte une petite quantité de solution de carmin d'indigo dans la cavité générale d'un Poisson de rivière (Carpe, Tanche, Rousse, Ablette, Goujon, Chevenne, etc.), on observe que l'excrétion de cette matière se produit très généralement de la façon suivante : le carmin d'indigo est en partie éliminé par les cellules épithéliales des canalicules rénaux qu'il traverse à l'état coloré et il ne reprend sa teinte bleue que dans les lumières de ces canalicules qu'il souligne de longues traînées azurées. Ces cellules exercent donc sur le colorant leur pouvoir réducteur.

---

(1) Verworn, *Die Localisation der Atmung in der Zelle* (*Jenaische Denkschriften*, 11, *Festsch. Ernst Hæckel*, 1904, p. 561-569).

Or la Perche, seule à notre connaissance, présente un phénomène différent : tandis que le cytoplasme des cellules épithéliales de ses canalicules rénaux décolore le carmin d'indigo, les noyaux de ces cellules, au contraire, s'accusent en bleu sous son action, en d'autres termes l'oxydent. L'animal étant demeuré bien portant, si l'on examine après quelques heures des préparations de son rein sur le frais, on trouve des résultats constamment identiques. Les noyaux des cellules épithéliales sont si finement mis en évidence par cette coloration que ce procédé suffit, à l'exclusion de tout autre, pour monter une préparation d'épithélium rénal de Perche dont on peut colorer le cytoplasme par un réactif approprié. Il faut prendre soin d'éviter le contact de l'eau dans le montage de telles préparations, car l'eau dissout le carmin d'indigo; donc, fixer à l'alcool absolu, colorer le cytoplasme par une solution d'éosine dans l'alcool absolu, et coller les coupes avec du collodion de Schællibaum.

Si l'injection est faite assez délicatement pour ne pas blesser l'intestin de l'animal, celui-ci survit et ne paraît pas en souffrir. Nous avons conservé, durant plusieurs semaines après l'opération, des Perches ainsi traitées. Les noyaux affectés se déchargent d'ailleurs de leur couleur bleue vers le quatrième ou cinquième jour qui suit l'injection. Cette élimination est une preuve que la coloration n'était pas un phénomène d'adsorption.

Il serait intéressant de savoir si ce pouvoir oxydant des noyaux de l'épithélium des canalicules rénaux de la Perche, d'autres Percoïdes le possèdent. Le manque de sujets d'expériences ne nous a pas permis jusqu'à ce jour d'élucider cette question.

BIOLOGIE. — *Le déterminisme du développement des oostégites des Isopodes, et des caractères sexuels secondaires temporaires des Crustacés.* Note de M. A. **Vandel**, présentée par M. F. Mesnil.

On sait que les oostégites qui limitent la cavité incubatrice (*Marsupium*) des Isopodes (et des Cumacés) sont des formations temporaires se développant au moment de la ponte et de l'incubation. Chez les *Asellidæ*, les oostégites se développent progressivement, au cours des mues successives. Chez les *Oniscidæ*, ils n'apparaissent qu'à la mue qui précède la ponte. Dans tous les cas, les oostégites disparaissent après la mise en liberté des jeunes.

J. Schöbl, dans un travail déjà ancien ([1]), soutient que le développement des oostégites de *Porcellio scaber* dépend de la fécondation, et que

([1]) *Archiv. mikrosk. Anat.*, t. 17, 1880, p. 134-135.

lorsque la femelle n'est pas fécondée, les oostégites ne se forment pas. Au contraire, K. Verhoeff (¹) a constaté, en isolant des femelles vierges d'*Oniscus murarius*, que les oostégites se développent de façon normale indépendamment de toute fécondation.

Les expériences que j'ai réalisées sur plusieurs espèces d'Isopodes terrestres, établissent également l'indépendance complète entre le développement des oostégites et la fécondation. Chez une forme parthénogénétique, *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *provisorius* Raco., du centre et de l'est de la France, le développement des oostégites est normal. Chez des individus de la même espèce, mais récoltés dans le midi et non parthénogénétiques, les oostégites se développent, et les œufs sont pondus dans le marsupium, mais ils dégénèrent [Vandel (²)]. Il en est de même chez une espèce voisine, non parthénogénétique, *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *biformatus* Raco. Enfin, j'ai observé, chez des femelles isolées dès leur jeune âge, et non fécondées, de *Ligidium hypnorum* et de *Philoscia muscorum*, le développement normal des oostégites, mais, dans ce cas, les œufs ne sont pas pondus dans le marsupium.

Le développement des oostégites des Isopodes est donc indépendant de la fécondation. Il paraît lié à la maturation des œufs dans les ovaires. Le cycle évolutif des oostégites correspond exactement au cycle ovarien. Ce fait rend très probable l'existence de corrélations entre ces deux organes.

Ce n'est pas là un cas isolé. Chez beaucoup de Crustacés, il existe des caractères sexuels secondaires temporaires dont le développement est en rapport avec l'activité des gonades. C'est en particulier le cas des organes développés chez la femelle au moment de la ponte et de l'incubation. R. de La Vaulx (³) admet que la formation de l'éphippie des Cladocères est sous la dépendance d'une hormone sécrétée par les gonades. C. Claus (⁴) a montré que de longues soies apparaissent sur les pattes thoraciques des femelles ovifères de *Nebalia;* ces soies servent à retenir les œufs et les embryons; elles disparaissent quand la période de reproduction est terminée.

Tout récemment, M^lle^ M.-L. Legueux (⁵) a fait des observations tout à fait analogues sur les soies qui garnissent les oostégites d'un Amphipode : *Gammarus duebenii*. E. Sollaud (⁶) a vu se développer de fortes soies sur

(¹) *Zool. Anz.*, t. 51, 1920, p. 183-184.
(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 794.
(³) *Bull. Biol. France et Belgique*, t. 55, 1921, p. 55.
(⁴) *Arb. Zool. Inst. Univ. Wien*, t. 8, 1888, p. 28 et 117.
(⁵) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 659.
(⁶) *Bull. Biol. France et Belgique* (supp. 5), 1923, p. 15-19.

les pléopodes antérieurs des femelles ovifères des *Palæmoninæ*, et ce n'est pas là, très probablement, un fait isolé chez les Décapodes. La sécrétion du mucus qui fixe les œufs à l'abdomen et aux pléopodes de l'Écrevisse (et probablement des autres Décapodes) est une fonction temporaire et périodique, probablement en rapport avec la maturation des œufs [Lereboullet ([1])]. Ajoutons que, très vraisemblablement, les modifications si curieuses des pièces buccales des femelles ovifères de certains Sphéromiens [H.-J. Hansen ([2]), E.-G. Racovitza ([3])] rentrent dans le cadre des faits signalés ci-dessus.

*Conclusion.* — Chez les Vertébrés — et aussi chez plusieurs Invertébrés [Vandel ([4])] —, on a établi, par de nombreuses expériences, les relations étroites qui existent entre les gonades et le développement des organes sexuels secondaires. Chez les Arthropodes, à la suite d'expériences sur les Insectes, l'existence de semblables rapports a été formellement niée. Le développement des caractères sexuels secondaires des Arthropodes serait complètement indépendant des gonades (Meisenheimer). Cette conclusion est probablement trop catégorique. Les exemples précédents montrent que, chez les Crustacés — dans un certain nombre de cas, tout au moins — le développement des caractères sexuels secondaires temporaires est en rapport avec l'activité des gonades.

Quelle est la nature de ces relations ? S'agit-il d'une relation directe, de cause à effet, comme chez les Vertébrés, ou le développement des gonades et des organes sexuels secondaires se trouve-t-il sous la dépendance d'un facteur commun réglant l'apparition de tous les caractères sexuels [G. Smith] ? De nouvelles expériences sont nécessaires pour trancher la question.

A 15h50m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

É. P.

([1]) *Ann. Sc. Nat, Zool.*, 4e série, t. 14, 1860, p. 363.
([2]) *Quart. Journ. Micr. Sc.*, t. 49, 1906, p. 82-88.
([3]) *Archiv. Zool. Expér. Gén.*, 4e série. t. 5, 1910, p. 640-644.
([4]) *Bull. Biol. France et Belgique*, t. 55, 1922, p. 473-474.